

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Engenharia Agrícola e Ambiental**

**Ricardo Pires de Aguiar Júnior**

**CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS  
SATURADOS DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA NO “VÃO” DE UNAÍ (MG):  
RELAÇÕES COM OUTROS ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA ORGÂNICA**

**Unaí**

**2023**

**Ricardo Pires de Aguiar Júnior**

**CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS  
SATURADOS DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA NO “VÃO” DE UNAÍ (MG):  
RELAÇÕES COM OUTROS ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA ORGÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e  
Ambiental da Universidade Federal dos Vales do  
Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício da Silva Terra

**Unai**

**2023**

**Ricardo Pires de Aguiar Júnior**

**CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS  
SATURADOS DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA NO “VÃO” DE UNAÍ (MG):  
RELAÇÕES COM OUTROS ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA ORGÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e  
Ambiental da Universidade Federal dos Vales do  
Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício da Silva Terra

Data de aprovação \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Prof. Dr. Hermes Soares da Rocha  
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Eng. Agric. Northon Matheus Santana de Castro  
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Prof. Dr. Fabrício da Silva Terra  
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

**Unaí**

**2023**



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a Deus, porque quem agradece não reclama, e sem Deus, eu não seria nada.

Gostaria de agradecer à minha mãe Ana Glicéria Pires Valadares, à quem eu devo a minha vida, por todas as abdições que a senhora fez, para dar uma vida melhor para mim e para o meu irmão. Espero ainda dar muito orgulho para a senhora, como forma de agradecimento, mesmo sabendo que nunca pagarei a dívida eterna, que é ser seu filho. Nunca esquecerei dos momentos mais delicados de nossas vidas, em que era somente a senhora, meu irmão e eu.

Gostaria de agradecer ao meu irmão Juan Carlos Pires de Aguiar, por ser um exemplo para mim. Você sempre me inspirou a ser minha melhor versão. Sou eternamente grato a Deus por ter me dado a honra de ser seu irmão.

Gostaria de agradecer ao meu pai Ricardo Lourenço Neto por todos os ensinamentos, lições de vida e o apoio financeiro. Sempre que eu tenho um problema, penso em como o senhor resolveria, e na universidade, eles não foram poucos.

Gostaria de agradecer à minha avó Carmelina Aguiar dos Reis por ter moldado meu caráter e por estar sempre me guiando no caminho de Deus. Ainda agradeço a minha falecida avó Maria Edlard Pires Valadares, por toda a bondade e amor despejada sobre mim e minha família.

Gostaria de agradecer à minha mulher, Maria Eduarda Pimentel Santos, pela parceria e companheirismo. Sozinho eu poderia ter ido longe, mas com você, eu estou realizando os meus sonhos.

Gostaria de agradecer à família da minha tia Mayara Valadares, Rafael Rocha, Isabella Valadares, Arthur Rocha e Heitor Rocha, por terem sido minha base aqui em Unai, nos momentos de alegria e de tristeza. Sempre que eu precisei, vocês estiveram lá.

Em nome dos meus tios e tias, gostaria de agradecer a minha tia Marley Aguiar, por todo o suporte e o cuidado prestados.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Fabrício Terra, por todo o apoio e principalmente pela oportunidade de trabalharmos juntos. Com o senhor eu aprendi lições que levarei para a vida. O senhor é um exemplo de profissional para mim.

Agradeço ao CNPq pela bolsa.

Agradeço aos meus amigos e colegas Northon M.S.C., Rosy Mara, Patrícia Oliveira, Creudeci Xavier, Mateus Lopes e Gabriel Santana por me ajudarem a realizar as idas a campo. Sem vocês, esse trabalho não seria possível.

Agradeço a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pela oportunidade e as vivências realizadas ao longo dessa jornada até aqui. Agradeço ainda ao Instituto de Ciências Agrárias, localizado em Unaí-MG, pelo aprendizado e os ensinamentos prestados.

Agradeço ao Prof. Dr. Hermes Soares da Rocha e ao Eng. Agric. Northon Matheus Santana de Castro pelas recomendações dispostas sobre este trabalho.

Agradeço a Eng. Agr. Iara Nunes do Amaral por ter contribuído com as análises laboratoriais e as idas a campo.

Em tais circunstâncias, concluo que eu não seria nada sem essas pessoas, e ainda digo, que o que sou, devo a elas. Concluo ainda, que o gesto de agradecer somente com palavras é um gesto fútil depois que inventaram chocolates e flores como presentes. Porém, neste momento, o máximo que posso fazer é dedicar este trabalho e a minha vida a vocês. Por fim, ressalto mais uma vez, o meu muito obrigado.

## RESUMO

### **CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS SATURADOS DE UMA TOPOSEQUÊNCIA NO “VÃO” DE UNAÍ (MG): RELAÇÕES COM OUTROS ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA ORGÂNICA**

Informações sobre condutividade hidráulica e infiltração de água são praticamente inexistentes para solos da região do “vão” em Unaí-MG, localizado no noroeste mineiro. Ainda assim, nesta região, tem-se observado um aumento na intensificação das atividades agropecuárias associadas a um alto nível de tecnificação, atribuído principalmente às práticas de irrigação por pivô central, que, se manejadas inadequadamente, acarretam sérios problemas ambientais e econômicos relacionados à conservação destes solos, fazendo-se necessário conhecer a hidropedologia dos solos dessa região. Desta forma, o objetivo central do trabalho foi obter valores de condutividade hidráulica saturada, através do método do infiltrômetro miniDisk, e informações de infiltração de água em solos saturados de uma toposequência na região de “vão” no município de Unaí (MG). Além disso, objetivou-se avaliar as relações destes atributos físico-hídricos com outros atributos físicos (granulometria, argila dispersa em água, grau de floculação, densidades de partícula e solo, porosidades total, macro e micro) e com o conteúdo de matéria orgânica dos solos investigados. Os valores de Ksat média encontrados foram 9,09 mm h<sup>-1</sup> na profundidade de 0-20 cm, 18,81 mm h<sup>-1</sup> para 20-40 cm e 3,36 mm h<sup>-1</sup> para a de 40-60 cm, em um Latossolo Vermelho. Já para o Latossolo Vermelho-Amarelo, 6,17 mm h<sup>-1</sup> de 0-20 cm, 7,41 mm h<sup>-1</sup> de 20-40 cm, e 5,88 mm h<sup>-1</sup> para 40-60 cm. No Latossolo Amarelo, obteve-se os valores de 12,85 mm h<sup>-1</sup> de 0-20 cm, 8,14 mm h<sup>-1</sup> de 20-40 cm e 3,30 mm h<sup>-1</sup> de 40-60 cm. Para o Nitossolo Vermelho foram obtidos os valores de 3,92 mm h<sup>-1</sup> de 0-20 cm, 5,58 mm h<sup>-1</sup> de 20-40 cm e 4,45 mm h<sup>-1</sup> de 40-60 cm. Sendo o último solo estudado, o Cambissolo Háptico, com valores de Ksat de 2,95 mm h<sup>-1</sup> para a profundidade de 0-20 cm, 2,75 mm h<sup>-1</sup> de 20-40 cm e 2,91 mm h<sup>-1</sup> de 40-60 cm.

**Palavras-chave:** hidropedologia. propriedades físico-hídricas. Infiltrômetro miniDisk. conservação do solo. classe de solo. região noroeste.

## ABSTRACT

### HYDRAULIC CONDUCTIVITY AND WATER INFILTRATION IN SATURATED SOILS OF A TOPOSEQUENCE AT UNAÍ “GAP” (MG): RELATIONS WITH OTHER PHYSICAL ATTRIBUTES AND ORGANIC MATTER

Information on hydraulic conductivity and water infiltration are practically non-existent for soils in the region of Vai" in Unaí-MG, located in the northwest of Minas Gerais. Even so, in this region, there has been an increase in the intensification of agricultural activities associated with a high level of of technification, attributed mainly to center pivot irrigation practices, which, if handled improperly, cause serious environmental and economic problems related to the conservation of these soils, making it necessary to know the hydropedology of the soils in this region. This work was to obtain values of saturated hydraulic conductivity, through the miniDisk infiltrometer method, and information on water infiltration in saturated soils of a toposequence in the region of “vão” in the municipality of Unaí (MG). relations of these physical-hydric attributes with other physical attributes (granulometry, clay dispersed in water, gr au of flocculation, particle and soil densities, total, macro and micro porosities) and with the organic matter content of the investigated soils. The mean Ksat values found were 9.09 mm h<sup>-1</sup> in the 0-20 cm depth, 18.81 mm h<sup>-1</sup> for the 20-40 cm depth and 3.36 mm h<sup>-1</sup> for the 40-60 cm depth. cm, in an Oxisol. As for the Red-Yellow Latosol, 6.17 mm h<sup>-1</sup> for 0-20 cm, 7.41 mm h<sup>-1</sup> for 20-40 cm, and 5.88 mm h<sup>-1</sup> for the 40-60 cm. In the Yellow Oxisol, values were obtained of 12.85 mm h<sup>-1</sup> from 0-20 cm, 8.14 mm h<sup>-1</sup> from 20-40 cm and 3.30 mm h<sup>-1</sup> from 40-60 cm. For Nitosol Vermelho, values of 3.92 mm h<sup>-1</sup> for 0-20 cm, 5.58 mm h<sup>-1</sup> for 20-40 cm and 4.45 mm h<sup>-1</sup> for 40-60 cm were obtained. Being the last soil studied, the Haplic Cambisol, with Ksat values of 2.95 mm h<sup>-1</sup> for the depth of 0-20 cm, 2.75 mm h<sup>-1</sup> for 20-40 cm and 2.91 mm h<sup>-1</sup> of 40-60 cm.

**Keywords:** hydropedology. physical-hydric properties. miniDisk Infiltrimeter. soil conservation. soil class. northwest region.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos Específicos	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1. Infiltração de água no solo	13
3.2. Condutividade Hidráulica	17
4. METODOLOGIA	20
4.1. Caracterização da área de estudo	20
4.2. Procedimento metodológico	21
4.2.1. Amostragem	21
4.2.2. Análise laboratorial para caracterização dos dados	23
4.2.2.1. <i>Granulometria</i>	23
4.2.2.2. <i>Argila dispersa</i>	24
4.2.2.3. <i>Densidades de solo e partícula</i>	24
4.2.2.4. <i>Porosidade total, macroporosidade e microporosidade</i>	25
4.2.2.5. <i>Carbono orgânico</i>	26
4.2.2.6. <i>Infiltração e Condutividade Hidráulica do solo saturado (Ksat)</i>	26
4.2.2.7. <i>Comparação entre dados</i>	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Infiltração da água nos solos estudados	30
5.2. Condutividade hidráulica (Ksat) dos solos estudados	46
5.2.1. LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico	46
5.2.2. LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico	48
5.2.3. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico	50
5.2.4. NITOSSOLO VERMELHO Distrófico latossólico	52

5.2.5. CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico	54
5.3. Comparação dos valores de Ksat entre camadas e perfis	56
5.4. Correlação entre atributos dos solos investigados	56
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
7. CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS	59

## 1. INTRODUÇÃO

A conservação do solo fundamenta-se no conhecimento e aplicação de técnicas adequadas para o seu uso e manejo de forma a mantê-lo preservado e produtivo ao longo de gerações, evitando o seu esgotamento ou deterioração provocados por fatores naturais e pela ação antrópica (PRADO *et al.*, 2010). Diversos processos conduzem à degradação e afetam o estado de preservação dos solos, onde a sua capacidade de sustentar e produzir biomassa é reduzida, seus nutrientes e matéria orgânica são perdidos, sua acidez, compactação e selamento superficial aumentam e evidências da erosão hídrica tornam-se aparentes (BERTONI e LOMARBO NETO, 2017). Sendo o solo um recurso natural não renovável, a sua deterioração pelo uso intensivo na agropecuária é preocupante e, portanto, são necessários esforços para a sua preservação (HARTEMINK e MCBRATNEY, 2008).

O volume e a qualidade da água precipitada que é armazenada em lençóis freáticos e aquíferos dependem principalmente da qualidade física dos solos que esta atravessa. Por exemplo, estando o solo compactado ou selado superficialmente, o volume infiltrado e armazenado de água será reduzido e, conseqüentemente, haverá um aumento no escoamento superficial que poderá iniciar um processo de erosão hídrica, afetando seu estado de conservação e provocando a perda de seu material mineral e orgânico na forma de sediment. Indiscutivelmente, esse fato está associado a prejuízos econômicos e, sobretudo, ambientais, uma vez que sedimentos produzidos por processos erosivos provocaram o assoreamento e a eutrofização de corpos d'água (PRUSKI, 2009).

Práticas conservacionistas de cultivo (plantio direto, rotação de cultura, adubação verde, cultivo mínimo e integração lavoura-pecuária-floresta) e manejos adequados em práticas de irrigação, seja por aspersão ou gotejamento, resultam em uma qualidade física do solo favorável (PRADO *et al.*, 2010). A qualidade física de um solo reflete a sua habilidade para suportar cargas e proporcionar a movimentação e retenção de água e soluções e a aeração do solo (ARSHAD *et al.*, 1996). A densidade do solo tem sido utilizada como um indicador da sua qualidade física, onde altos valores indicam baixa porosidade total e macroporosidade que podem causar restrições ao crescimento radicular e redução na movimentação do ar e água através do solo (FERREIRA, 2010). Variações nas densidades dos solos (e entre solos), sejam por práticas de manejo inadequadas ou características naturais próprias (pedognéticas),

modificam a condutividade hidráulica, em condições saturada e não saturada, e a infiltração de água destes (REICHARDT E TIMM, 2004).

O correto manejo da irrigação, independentemente do sistema a ser utilizado, depende do conhecimento dos valores de condutividade hidráulica e da curva de infiltração de água no solo (BERNARDO *et al.*, 2019). Da mesma forma, modelagens hidrológicas em bacias hidrográficas rurais e sistemas agrícolas também são dependentes destas propriedades físico-hídricas (MELO E SILVA, 2013). A condutividade hidráulica de um solo mede a sua permeabilidade à passagem da água sendo dependente do arranjo das suas partículas e da umidade, podendo ser avaliada nas condições de solo saturado e não saturado, enquanto que a infiltração de água no solo é o processo pelo qual a água entra no solo perdurando enquanto houver disponibilidade de água em sua superfície, sendo representada pela curva que informa a quantidade máxima de água que pode infiltrar em um dado intervalo de tempo (REICHARDT E TIMM, 2004). Informações sobre esses atributos físico-hídricos são de fundamental importância para interpretações dos solos quanto ao: escoamento superficial e permeabilidade de água, susceptibilidade à erosão hídrica, potencial de recarga hídrica em bacias hidrográficas, taxa máxima de água a ser aplicada em sistemas de irrigação, dimensionamento de sistemas de drenagem, potencial de armazenamento de água e sua disponibilidade para plantas, entre outras. Esses dois atributos são inter-relacionados e dependem de outros atributos morfológicos e físicos tais como cor, textura, estrutura, consistência, granulometria, densidades de partícula e solo, porosidades total, macro e micro, umidade e volumétrica e resistência do solo à penetração) (FERREIRA, 2010; LIBARDI, 2000; REICHER *et al.*, 2010).

No estado do Minas Gerais (MG), Unaí destaca-se como o maior produtor de grãos (725,5 mil toneladas) e possui o quarto maior rebanho bovino (262,2 mil cabeças), conforme dados da safra 2019-2020 fornecidos pela Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de MG (SEAPA-MG). Segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), Unaí ocupa o primeiro e o vigésimo oitavo lugar no grupo dos cem municípios com melhor desempenho no quadro do Produto Interno Bruto (PIB) da agropecuária mineira e nacional, respectivamente. Ainda, Unaí apresenta alta tecnificação em suas atividades agropecuárias, exemplo disso é o fato de o município apresentar uma das maiores áreas irrigadas por pivô central do Brasil com 663 pivôs ocupando 61,152 mil hectares, conforme o levantamento da agricultura irrigada realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2016).

Em Unai, tal abundância agropecuária desenvolve-se essencialmente sobre as áreas de chapadas e chapadões, planaltos com altitude média de 1000 m, constituídas por classes de solos de excelente qualidade físico-hídrica, a saber: Latossolos Vermelhos e Amarelos (OLIVEIRA *et al.*, 2017; CAMPOS, 2019). No entanto, nos últimos anos, tem-se observado um crescimento das atividades agropecuárias tecnificadas, principalmente com o uso de irrigação por pivô central, em áreas da chamada região de “Vão” do município. Tal região corresponde a vertentes de cotas mais baixas, altitude média de 640 m, situadas entre os rebordos das chapadas/chapadões e as Cristas de Unai, uma série de serras e morros alinhados (NAIME *et al.*, 2014; CAMPOS, 2019). As áreas da região de “Vão” apresentam relevo ondulado a suave ondulado e são constituídas, na sua maioria, por classes de solos incipientes (CAMPOS, 2019) que naturalmente apresentam níveis consideráveis de susceptibilidade à erosão e ao selamento superficial, sendo geralmente preteridas para a produção agropecuária. Tendo em vista a marginalização destas áreas, exceto para produção em pequena escala, o conhecimento do comportamento físico-hídrico (condutividade hidráulica e infiltração de água) dos seus solos é praticamente inexistente, o que se torna um fator preocupante tendo em vista o aumento da irrigação na região de “Vão” de Unai.

A região de “Vão” do município de Unai apresenta variações de relevo de ondulado a suave ondulado e é composta por classes de solos que naturalmente apresentam níveis consideráveis de susceptibilidade à erosão e ao selamento superficial. Apesar disso, as informações sobre condutividade hidráulica e infiltração de água são praticamente inexistentes para estes solos. Ainda assim, nesta região, tem-se observado um aumento na intensificação das atividades agropecuárias associadas a um alto nível de tecnificação, atribuído principalmente às práticas de irrigação por pivô central, que, se manejadas inadequadamente, acarretam sérios problemas ambientais e econômicos relacionados à conservação destes solos. Desta forma, faz-se necessário o conhecimento básico destes atributos físico-hídricos (condutividade hidráulica e infiltração de água) para os diferentes solos que ocorrem no “Vão” de Unai de forma a evitar os problemas mencionados.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral do projeto foi obter informações sobre a condutividade hidráulica e infiltração de água em solos saturados de uma topossequência na região de “vão” no município de Unaí (MG). Além disso, objetiva-se avaliar as relações destes atributos físico-hídricos com outros atributos físicos (granulometria, argila dispersa em água, grau de floculação, densidades de partícula e solo, porosidades total, macro e micro) e com o conteúdo de matéria orgânica dos solos investigados.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Estabelecer os valores de condutividade hidráulica do solo saturado para cada classe de solo estudada;
- Apresentar as curvas de infiltração, obtidas pelo método do infiltrômetro MiniDisk, para cada classe de solo investigada;
- Comparar as informações obtidas entre os diferentes solos da topossequência e entre diferentes profundidades de um mesmo solo;
- Avaliar o efeito de outros atributos físicos e do conteúdo de matéria orgânica do solo sobre as variações da condutividade hidráulica do solo na condição saturada.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1. Infiltração de água no solo**

A utilização e preservação da água é primordial para a vida em sociedade, pois além de ser um recurso finito, a água também é essencial para todos os seres vivos. O solo é um filtro universal e necessário na preservação e utilização sustentável da água. O manejo, uso e preparo do solo exercem influência direta nos processos complexos que envolvem a

água e o solo, dentre estes estão o armazenamento, a qualidade e a infiltração de água (MONTENEGRO *et al.*, 2013).

A infiltração consiste na entrada de água no solo pela camada superficial, que, pela ação da gravidade, desce até atingir uma barreira impermeável, formando os lençóis de água (KLEIN, 2014). Santos e Pereira (2013) evidenciaram que a textura e estrutura do solo são propriedades determinantes na movimentação de água no seu perfil, uma vez que determinam a quantidade e disposição dos poros. Portanto, a infiltração de água está intimamente ligada às frações granulométricas do solo, à quantidade, à espessura, ao ângulo e ao preenchimento das fraturas na camada superficial e às condições de relevo e uso atual do solo. A dinâmica da infiltração também é afetada por fatores geomorfológicos, especialmente vinculados ao relevo. A forma da encosta (declive) estabelece áreas de convergência e divergência de fluxos, instaurando pontos de maior ou menor infiltração. Desse modo, áreas planas tendem a absorver a maior parte da água, e áreas inclinadas tendem a propiciar maior escoamento e baixas taxas de infiltração. Ademais, condições antecedentes de umidade, frequência e intensidade de chuvas e a cobertura do solo desempenham um papel importante no processo de infiltração (KLEIN, 2014).

A relação entre a água e o solo está diretamente relacionada à produção vegetal e o seu conhecimento é de interesse fundamental para a tomada de decisão sobre a exploração agrícola. Uma destas relações é a infiltração de água no solo, que aumenta conforme a decomposição das raízes das plantas, pois este processo aumenta canalículos no solo, melhorando sua estrutura pela adição de matéria orgânica, elevando a capacidade de retenção de água e redução da velocidade de escoamento da enxurrada (CALHEIROS *et al.*, 2009). Quanto maior o conteúdo de matéria orgânica, maior a capacidade de infiltração, devido à matéria orgânica ser um constituinte cimentante que mantém os solos agregados, preservando a porosidade e conseqüentemente, a capacidade de infiltração. Como a capacidade de infiltração depende da umidade antecedente, da natureza e do estado da estrutura do solo superficial, ela é facilmente afetada pelo tipo de vegetação e de manejo (COSTA *et al.*, 2013). Assim, a capacidade de infiltração é função do grau de antropização e tipo de cobertura do solo, vide que áreas antropizadas sem controle possuem solos compactados e pobres em matéria orgânica, afetando a aeração e capacidade de infiltração. Isso prejudica o crescimento do sistema radicular, interfere na recuperação das áreas degradadas e influencia na redução da recarga de água. Já as áreas preservadas possuem solos protegidos contra a desagregação, o que favorece diretamente a capacidade de infiltração (MENDONÇA *et al.*, 2014).

Outras propriedades físicas do solo podem interferir no processo de infiltração, entre as quais se destacam a densidade do solo e a distribuição do tamanho dos poros. A compactação do solo promove uma redução na quantidade de poros provocando a diminuição de trocas gasosas e infiltração de água no solo, aumentando o risco de erosão (MARCHINI, 2012). A porosidade do solo é composta por poros de tamanhos variados, desde macroporos (de 50  $\mu\text{m}$  até os visíveis a olho nu), como canais formados por animais e raízes apodrecidas, até os extremamente pequenos, representados por espaços entre partículas coloidais (microporos com diâmetro  $<50 \mu\text{m}$ ). Contudo, uma distribuição que concentre poros maiores possibilitará boa distribuição de gases e maior velocidade de infiltração de água. Já os microporos ficam, geralmente, dentro dos agregados, retêm água disponível para as plantas, como uma esponja, e fornecem abrigo para as bactérias (BENITES *et al.*, 2005). Um solo que tenha muitos poros de pequenos tamanhos, tem maior retenção de água, culminando em movimentos de água e ar mais lentos, deste modo, a ocorrência de compactação na camada superficial do solo dará origem aos poros denominados fissurais ou planares, que são indicativos de processos de estresse físico do solo, os quais promovem redução na taxa de infiltração de água (SOARES *et al.*, 2005). A presença de poros arredondados está associada à menor condução de água ao longo do perfil em razão da provável baixa conectividade entre esses, enquanto poros interconectados contribuem, de forma inversa, para a infiltração de água no solo (MARCHINI *et al.*, 2015).

Do ponto de vista físico, a estrutura do solo se apresenta tão importante quanto à textura, pois, solos argilosos bem estruturados podem mostrar maiores taxas de infiltração do que os com estrutura instável, que sofrem dispersão quando umedecidos ou submetidos a algum agente desagregador, em vista da estabilidade dos agregados ser determinada pelos chamados agentes cimentantes, que são representados principalmente pela matéria orgânica e pelos óxidos de Fe e Al (FAGUNDES *et al.*, 2012).

De acordo com Sato *et al.* (2012), o solo cultivado com preparo mecânico, com o tempo, tende a reduzir o volume de macroporos em virtude da alteração da estrutura pelo fracionamento dos agregados, promovendo o aumento da densidade do solo. Desta forma ocorre diminuição da taxa de infiltração de água no solo e, conseqüentemente, aumento no escoamento superficial. O preparo convencional altera as condições físicas do solo por desagregação e compactação das camadas superficiais, diminuindo a infiltração de água e facilitando o processo erosivo. Os sistemas conservacionistas de uso do solo, como o plantio direto, surgiram para diminuir os efeitos prejudiciais dos implementos no preparo do solo



sobretudo em condições tropicais, esses sistemas minimizam sua mobilização e mantêm maior proteção da superfície com os resíduos culturais. O plantio direto é um sistema conservacionista que apresenta boa capacidade de proteção do solo, além disso, há o aumento da possibilidade da infiltração da água devido à maior rugosidade da superfície. Mesmo sob plantio direto, o solo pode reduzir a capacidade de infiltração de água, em virtude do adensamento de partículas e da maior densidade do solo nas camadas superficiais (VENTUROSOSO, 2014). O uso do solo com sistema de lavoura contínua, pecuária contínua e integração lavoura-pecuária tem a velocidade de infiltração básica e infiltração acumulada reduzida em relação ao solo com vegetação natural na região do Cerrado. O uso do solo com pastagens causa menos impactos na capacidade deste em infiltrar água e na infiltração acumulada, quando comparado a sistema de integração lavoura-pecuária e lavoura contínua (BONO *et al.*, 2012).

A velocidade de infiltração se aproxima, gradualmente, de um valor mínimo e constante, sob chuva ou irrigação contínua. Esse valor constante que a velocidade de infiltração atinge com o passar do tempo é conhecido por velocidade de infiltração básica (VIB). Este processo ocorre porque a água da chuva ou da irrigação, na superfície do solo tem potencial total aproximadamente nulo e o interior do solo tem potencial negativo, ou seja, quanto mais seco estiver o solo, mais negativo será o potencial. Logo, um gradiente de potencial total é estabelecido, sendo a soma dos potenciais gravitacional e matricial (GONDIM *et al.*, 2010). No início da infiltração, quando o solo está relativamente seco, o potencial matricial é maior que o potencial gravitacional. Ao longo do tempo de infiltração, com o umedecimento do solo e redução do potencial matricial, o gradiente de potencial total passa a ser igual ao potencial gravitacional. Por isso o processo de infiltração é um processo desacelerado que assume um valor constante após um determinado tempo, denominado de VIB. O processo de infiltração depende, em maior ou menor grau, além dos atributos do solo já mencionados, também da capacidade de retenção, e do tipo de argila, da umidade e da condutividade hidráulica (NUNES *et al.*, 2012). Segundo BERNARDO *et al.*, (2006) o solo pode ser classificado de acordo com a sua velocidade de infiltração básica em:  $> 30$  mm/h (VIB muito alta), de  $15-30$  mm h<sup>-1</sup> (VIB alta),  $5-15$  mm h<sup>-1</sup> (VIB média) e  $< 5$  mm h<sup>-1</sup> (VIB baixa).

Vários métodos de campo têm sido utilizados para determinar a velocidade de infiltração do solo (VI), dentre eles pode-se destacar os métodos do infiltrômetro de anel, duplo anel concêntrico e do mini disco, por serem simples e de fácil execução. Entretanto,

cabe ressaltar que a escolha do método deve ser condizente com o tipo de irrigação que será utilizado, pois mais importante do que a VI é a VIB, sendo ela que determina se o solo suporta a intensidade de aplicação imposta por determinado tipo de emissor, ou seja, ela deve ser levada em conta na escolha, por exemplo, dos aspersores no método de irrigação por aspersão. Além da irrigação, o planejamento e delineamento de técnicas de conservação do solo, e de sistemas de drenagem dependem de forma elementar da velocidade de infiltração (FAGUNDES *et al.*, 2012).

Nunes *et al.*, (2012) utilizaram o método do infiltrômetro de anéis concêntricos, com o objetivo de se determinar a Velocidade de Infiltração Básica (VIB), em Latossolo Vermelho de cerrado com e sem cobertura vegetal. A VIB encontrada foi de 11,63 mm h<sup>-1</sup> para solo com cobertura vegetal e 40,8 mm h<sup>-1</sup> para solo descoberto, ambas classificadas como “muito alta”. Brito (2019) revisou as capacidades de infiltração do Cerrado, obteve um valor médio de 792 mm h<sup>-1</sup>. Ainda nesta revisão, houve grande amplitude observada. Por exemplo, os valores de 432 mm h<sup>-1</sup> e 2040 mm h<sup>-1</sup> foram obtidos no Cerrado stricto sensu sob o mesmo tipo de solo.

### **3.2 Condutividade Hidráulica**

A condutividade hidráulica (K) do solo reflete a habilidade com que um fluido é transportado no seu meio poroso, sendo que o seu comportamento reflete as características físicas dos solos, como a textura e estrutura (GONÇALVES E LIBARDI 2013). A condutividade hidráulica é utilizada atualmente para elaboração de projetos e manejo da irrigação, além de calibração de tensiômetros e modelagens do fluxo de água no solo. Atualmente existem famigerados métodos de calcular a K, como, infiltrômetro de anel duplo, permeâmetro de Guelph, perfil instantâneo através de curvas de infiltração e o infiltrômetro mini Disk, que possibilita mais leituras em menos tempo se comparado aos outros métodos, facilitando os trabalhos a campo e laboratório. A condutividade hidráulica do solo é máxima quando este está saturado, sendo chamada de condutividade hidráulica de solo saturado (Ksat). A Ksat é um parâmetro hidrológico cuja mensuração é muito importante para a compreensão do comportamento hidrológico dos solos em relação ao movimento da água através do solo, sob certas condições e gradientes hidráulicos (MELO, 2018).

Os solos situados na parte central do Brasil, mais precisamente no cerrado brasileiro são caracterizados, por apresentarem alta capacidade de infiltração (15-30 mm h<sup>-1</sup>, VIB alta) e grande macroporosidade, apesar do alto teor de argila. A agricultura nessa região é intensa e muito bem desenvolvida, exigindo um grau de estruturação do solo compatível com as produtividades alcançadas nesta região. Todavia, isso só é possível devido às práticas de terraceamento para proteger os solos da erosão, indicando que as propriedades físico-hídricas, supracitadas são constantemente alteradas durante anos. Sob condições de chuva e irrigação por aspersão, há a formação de selamento superficial causado pela destruição dos macroagregados do solo (SILVA E KATO 1997).

Gonçalves e Libardi (2013) determinaram o K<sub>sat</sub> pelo método do perfil instantâneo de um Latossolo e obtiveram valores na ordem de 7,2 mm h<sup>-1</sup>. Sousa e Alves (2003) avaliaram o movimento de água de um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes manejos e encontraram o K<sub>sat</sub> com valores na ordem de 108 mm h<sup>-1</sup> entre as profundidades de 0 a 0,4 m. Netto e Fernandes (2005), determinaram a condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho em pousio e cultivo intensivo e encontraram valores de K<sub>sat</sub> na ordem de 36 mm h<sup>-1</sup>. Melo *et al.*, (2018) calcularam a condutividade hidráulica saturada do solo (K<sub>sat</sub>) através do permeâmetro de Guelph, em 5 pontos e duas profundidades (0,2-0,4; 0,4-0,6 m), tendo como valores médios de K<sub>sat</sub>, 111,6 mm h<sup>-1</sup>, 154,8 mm h<sup>-1</sup>, para cada profundidade, respectivamente. Por fim, temos o estudo realizado por Soto (2016), avaliando as condutividades hidráulicas em solos com tipos distintos de uso e ocupação, cultivo agrícola e cerrado nativo. Para determinação da condutividade hidráulica saturada em campo foram empregados permeâmetro de Guelph e infiltrômetro de anel duplo. Para o solo agrícola e cerrado, obteve-se K<sub>sat</sub> de 57,6 mm h<sup>-1</sup> e 252 mm h<sup>-1</sup> para o método de Guelph, já para o método do anel duplo, obteve-se 144 mm h<sup>-1</sup> e 576 mm h<sup>-1</sup>, respectivamente.

A compactação do solo reduz a condutividade hidráulica e a macroporosidade, com menor impacto sobre a microporosidade. Buscando investigar a relação entre alguns parâmetros físicos e a K, Menezes et al. (2006) realizaram alguns ensaios em laboratório e in situ, em vinte amostras de solos de uma mesma bacia no município de Lavras (MG). Foram correlacionados os valores obtidos de K aos atributos físicos (umidade natural do solo, massa específica dos solos, limites de consistência, macro e microporosidade, porosidade e granulometria), sendo que o atributo que apresentou melhor coeficiente de correlação foi a macroporosidade. Estudos para quantificar o fluxo de macroporos revelaram que mais de 70% do fluxo de água pode passar por macroporos. Em geral, a água flui em solos estruturados

através de macroporos, embora estes constituam apenas uma fração muito pequena de porosidade total. A macroporosidade representa um importante indicador do estado físico do solo, principalmente na qualidade das propriedades de transmissão de água, e pode ser usado como uma medida sensível para avaliar a estrutura de um solo degradado (SORACCO *et al.*, 2012).

O teor de areia tem se correlacionado positivamente e significativamente com a condutividade hidráulica dos solos, onde solos com maiores teores de areia, porém não proveniente de areia fina e/ou muito fina, tem apresentado maior capacidade de percolação da água e consequentemente maiores condutividades hidráulicas. Solos arenosos possuem maior macroporosidade que os argilosos e, logo apresentam maiores taxas de infiltração e condutividade hidráulica (VIEIRA *et al.*, 2013). Entretanto, os teores de areia muito fina, silte e argila possuem correlação negativa com a condutividade hidráulica, indicando que o aumento das frações mais finas do solo implica na diminuição de K. Desta forma, quanto menor for o diâmetro das partículas do solo, mais finas serão as dimensões dos canais de fluxo de água, portanto, menor será a condutividade hidráulica, devido aos solos terem maior fração de partículas finas ocorre o favorecimento na formação de poros com capacidade de retenção de água. Solos com maiores potenciais de dispersão de argila em água causando, por conseguinte, o bloqueio dos poros, diminuindo a sua permeabilidade. Já a matéria orgânica detém correlação inversamente proporcional à condutividade hidráulica, em razão do aumento do teor de matéria orgânica no solo, maximizar a sua capacidade de retenção de água, diminuindo a sua K (BOCUTI, 2016).

O manual de levantamento de solo (Soil Survey Manual), elaborado em 2017 pelo USDA (United States Departamento of Agriculture), apresenta uma classificação para valores de  $K_{sat}$  (tabela 1). Esta classificação foi desenvolvida a partir de uma análise estatística de milhares de medições de  $K_{sat}$  em uma variedade de solos, sendo este método bastante geral, descrito por Rawls e Brakensiek, 1983.

**Tabela 1 - Classificação Ksat, USDA, 2017.**

Classe	$K_{sat}$ (mm h <sup>-1</sup> )
Muito alto	$\geq 360$
Alto	$36 < K_{sat} < 360$
Moderadamente alto	$3,6 < K_{sat} < 36$
Moderadamente baixo	$0,36 < K_{sat} < 3,6$
Baixo	$0,036 < K_{sat} < 0,36$
Muito Baixo	$\leq 0,036$

Fonte: USDA, 2017.

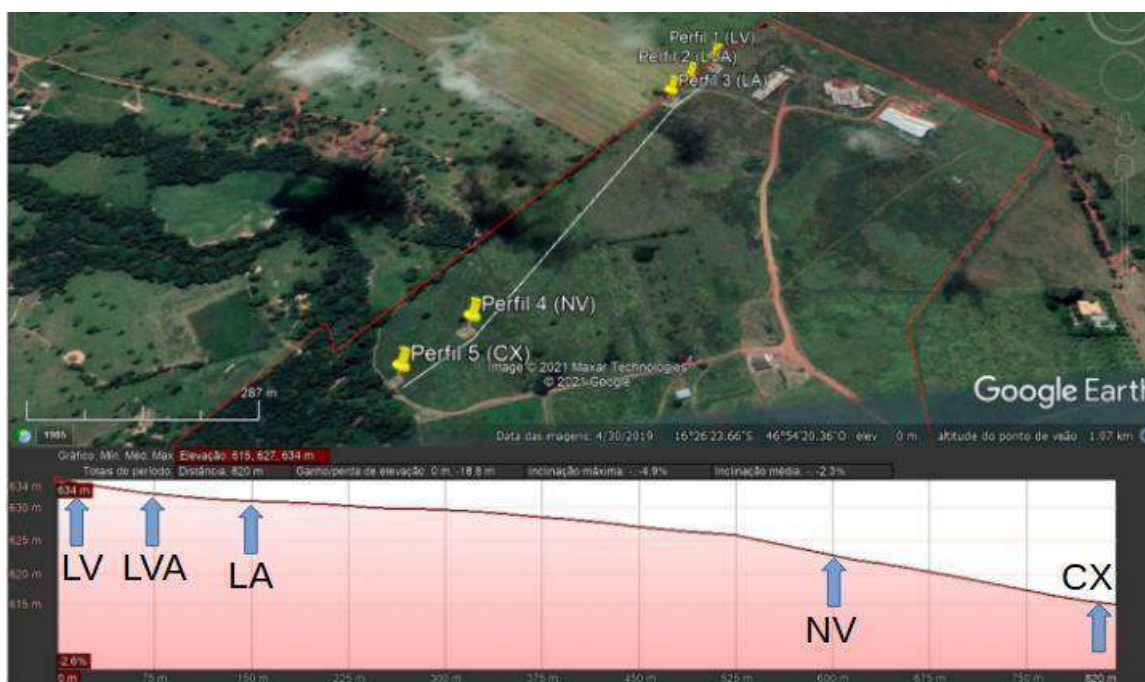
## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Caracterização da área de estudo

A topossequência estudada está inserida na área da Fazenda Experimental Santa Paula (FESP), pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da UFVJM, Campus Unai. A FESP possui 132 ha e encontra-se entre as latitudes -16,45° e -16,43° e longitudes -46,91° e -46,89° (datum WGS 84). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo tropical com estação seca de inverno (Aw) (Naime et al., 2014). O regime de precipitação, cuja média anual varia entre 1400 e 1500 mm, divide-se em um período chuvoso de outubro a março (de 770 a 810 mm) e outro período seco de maio a setembro (de 5 a 49 mm). As médias anuais de temperatura e umidade relativa variam de 21°C a 23°C e 65% a 72%, respectivamente. Os solos da área de estudo distribuem-se entre: Latossolo Vermelho, Latossolo Amarelo, Nitossolo Vermelho, Neossolo Litólico, Cambissolo Háplico, Plintossolo Pétrico, Plintossolo Háplico e Gleissolo Melânico (Embrapa, 2018).

Os solos que fazem parte desta topossequência já foram caracterizados morfologicamente e classificados por Campos (2019), onde 5 perfis foram levantados (figura 1). Destes, as seguintes classes de solo identificadas: P1) LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico (LV), P2) LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico (LVA), P3) LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico (LA), P4) NITOSSOLO VERMELHO Distrófico latossólico (NV) e P5) CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CX).

**Figura 1: Toposequência a ser estudada na área da Fazenda Experimental Santa Paula (FESP/ICA/UFVJM).**



Fonte: Campos (2019).

## 4.2. Procedimento metodológico

### 4.2.1. Amostragem

As análises dos atributos físico-hídricos do solo, a saber: Densidade do solo ( $D_s$ ), Densidade da partícula ( $D_p$ ), Porosidade Total ( $\alpha$ ), Macroporosidade ( $Ma$ ), Microporosidade ( $Mi$ ) e granulometria, foram executadas no Laboratório de Física do Solo (ICA-UFVJM, Campus de Unaí), utilizando amostras indeformadas e deformadas (Figura 2) das cinco classes de solos estudadas, nas profundidades de 0-20cm, 20-40 cm e 40-60 cm e em triplicata, totalizando 45 amostras, conforme descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (TEIXEIRA et al., 2017).

**Figura 2: Mapa dos locais de amostragem indeformada e deformada-FESP/ICA/UFVJM.**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A realização da amostragem ocorreu em duas etapas, sendo primeiramente coletadas amostras indeformadas, conforme descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (TEIXEIRA *et al.*, 2017), com o uso de um anel volumétrico para as 45 amostras, para as seguintes análises físico-hídricas: condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_{sat}$ ), densidades do solo ( $D_s$ ,  $g/cm^3$ ) e de partícula ( $D_p$ ,  $g/cm^3$ ), e granulometria, tomando o devido cuidado para não realizar a compactação do solo no interior do anel volumétrico durante a coleta. Após a retirada da amostra, ela foi envolvida com papel filme e numerada conforme o ponto coletado. A segunda etapa foi a amostragem deformada de cada um dos 45 pontos para realizar as análises laboratoriais.

## 4.2.2. Análise Laboratorial para Caracterização dos Dados

### 4.2.2.1. Granulometria

A granulometria do solo foi determinada utilizando a metodologia descrita pela Embrapa na qual em 10g de TFSE é adicionado um dispersante químico NaOH, depois a amostra passa por 16 horas de agitação lenta em agitador de Wagner, então a suspensão é peneirada em malha de 0,053mm onde será retida a areia, que deve ser colocada em um Becker tarado e identificado. O restante da suspensão é colocado em proveta de 500ml é adicionada água destilada a suspensão até atingir as 500ml. Deve-se então calcular o tempo de sedimentação usando a lei de Stokes, as amostras devem ser agitadas e deixadas em repouso pelo tempo calculado anteriormente, então deve-se pipetar uma alíquota de 10ml da suspensão a uma profundidade de 5 cm e colocar em becker identificado e tarado. Procede-se com a secagem dos becker contendo areia e argila colocando-os em estufa a 105-110° C por 24 horas. Após secagem os beckers são pesados e calcula-se os teores de areia, argila e silte utilizando as equações 1, 3 e 4, respectivamente.

$$T_{areia} = (M_{s_{areia}} - M_{t_{areia}}) * 10 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Y = (M_{s_{argila}} - M_{t_{argila}}) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$T_{argila} = (500 * Y) - (0,04 * 500 * Y) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$T_{silte} = (T_{areia} + T_{argila}) - 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:  $T_{areia}$  é teor de areia em %,  $M_{t_{areia}}$  é a massa do Becker em g,  $M_{s_{areia}}$  é a massa areia + massa do becker em g,  $Y$  é a massa da argila seca no recipiente,  $M_{s_{argila}}$  é massa da argila + massa do becker em g,  $M_{t_{argila}}$  é massa da argila + massa do becker em g,  $T_{argila}$  é o teor de argila em % e  $T_{silte}$  é o teor de silte em %.

### 4.2.2.2 Argila dispersa

Para o cálculo de argila dispersa em água foi utilizada a mesma metodologia da granulometria descrita acima sem a adição do dispersante químico e a equação 5. Para o grau de floculação, foi utilizada a equação 6.



$$T_{argila} = (Ma - Mb) * 500 \quad (\text{Eq. 5})$$

$$G_{flo} = ((a-b)/a) * 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde: Ma é a massa de argila + becker (g), Mb é a massa do becker (g), a é concentração de argila total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e b é concentração de argila dispersa em água ( $\text{g kg}^{-1}$ ).

#### 4.2.2.3. *Densidades de solo e partícula*

A Ds visa medir a densidade média de um volume de solo conhecido, a qual está diretamente relacionada com outras características e propriedades físico-hídricas do solo. A determinação foi obtida pela massa do solo seco após secagem em estufa, a temperatura de 105 °C durante 24 horas, e o volume do anel volumétrico. A Ds é determinada pela razão entre a massa de solo seco contida no anel volumétrico e o volume do referido recipiente, conforme mostra a Equação 7:

$$Ds = \frac{ms}{V} \quad \text{Eq.(7)}$$

Onde:

Ds – densidade do solo, em  $\text{kg dm}^{-3}$  (equivalente a  $\text{g cm}^{-3}$ )

ms – massa da amostra de solo seco a 105 °C até peso constante, em g

V – volume do cilindro, em  $\text{cm}^3$

Já a Dp visa medir a densidade média da composição mineralógica e orgânica das partículas presentes numa amostra de solo. Esta medida está relacionada com o volume efetivo que ocupa a matéria sólida, sendo desconsiderado o espaço poroso. A determinação da Dp consiste na obtenção da massa do solo seco após secagem em estufa, a temperatura de 105 °C durante 24 horas, e o seu volume, que é determinado pela diferença do líquido necessário para completar um dado recipiente (50 mL) previamente calibrado vazio e o volume necessário para completar o volume do mesmo recipiente contendo a amostra seca de solo. A Dp é obtida pela razão entre a massa de solo seco e a diferença entre o volume total aferido no recipiente e o volume utilizado para completar o recipiente com a amostra, conforme mostra a Equação 8:

$$Dp = \frac{ms}{(Vt - Vu)} \quad \text{Eq.(8)}$$

Onde:

Dp– densidade da partícula, em kg dm<sup>-3</sup>

ms– massa da amostra de solo seco a 105 °C até peso constante, em g

Vt– volume total aferido do recipiente, em mL

Vu – volume utilizado para completar o recipiente de 50 mL com a amostra de solo, em mL

#### 4.2.2.4. Porosidade total, macroporosidade e microporosidade

A  $\alpha$  corresponde a fração do volume total de um solo que pode ser ocupado por água e/ou ar. A determinação da  $\alpha$  das amostras de solo foi calculada através da Equação 9.

$$\alpha = \left(1 - \frac{Ds}{Dp}\right)100 \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde:

$\alpha$  – porosidade total em %, (equivalente a cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>)

Dp – densidade de partículas sólidas do solo, em g cm<sup>-3</sup>

Ds – densidade do solo, em g cm<sup>-3</sup>

Os valores de Ma foram determinados a partir da equação 10, conforme estabelecido por Stolf *et al.* (2011), e os valores de Mi foram obtidos pela diferença entre  $\alpha$  e Ma.

$$Ma = 0,693 - 0,465Ds + 0,212\text{areia} \quad \text{Eq. (10)}$$

Onde:

Ma – macroporosidade cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>

Ds – densidade do solo, em g cm<sup>-3</sup>

areia – porcentagem da fração areia (%)

#### 4.2.2.5 *Carbono Orgânico*

Para a análise do carbono orgânico das amostras de solo, foi utilizado o Analisador elementar LECO® CHNS/O (figura 3), modelo TruSpec Micro do Laboratório de Análise Elementar, pertencente ao Laboratório Integrado de Pesquisa Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – LIPEMVALE, Campus JK, UFVJM. Nesta análise foi utilizado aproximadamente 2,0 mg de TFSA peneirada em malha 40 mesh e acondicionada em cápsulas de papel alumínio.

**Figura 3: Analisador elementar CNHS.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.2.6. **Infiltração e Condutividade Hidráulica do solo saturado ( $K_{sat}$ )**

Na parte inferior de cada amostra indeformada foram colocadas duas gases fixadas com uma liga elástica e após esse procedimento, elas foram postas em um recipiente com água durante 24 horas, conforme mostra a figura 4.

**Figura 4: Amostras indeformadas saturando em água por 24 horas.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por conseguinte, as amostras saturadas em água por 24 horas foram colocadas sob um funil, e, posteriormente, foram feitos os testes de infiltração e condutividade hidráulica do solo saturado, utilizando uma pressão de sucção de 1 atm, conforme mostra a figura 5.

**Figura 5: Teste de Infiltração de água e condutividade hidráulica em amostras de solo saturadas, utilizando o infiltrômetro mini disco.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após as análises laboratoriais, para cada um desses perfis, foi determinado a condutividade hidráulica e a curva de infiltração de água no solo utilizando o método proposto por Zhang (1997) com um infiltrômetro Mini Disco (METER Group Inc, 2018). O método em questão é bastante simples e funciona bem para medidas de infiltração em solos secos, necessitando dos valores de infiltração acumulada ( $I$ , cm) ao longo do tempo e ajustando-os à equação 11, onde a condutividade hidráulica ( $k$ , cm/s) do solo é calculada pela equação 12.

$$I = C_1 \cdot t + C_2 \cdot (t^{1/2}) \quad (\text{Eq. 11})$$

$$k = C_1/A \quad (\text{Eq. 12})$$

Em que:  $C_1$  e  $C_2$  são parâmetros de ajuste relacionados, respectivamente, à condutividade hidráulica e absorção,  $t$  é o tempo (s) e  $A$  é um valor relacionado aos parâmetros de *van*

*Genuchten* obtido pelas equações 13 ou 14, em função da classe textural do solo. No entanto, para este trabalho foram utilizados os valores conforme tabela abaixo.

$$A = (11,65.(n^{0.1} - 1).exp(2,92.(n - 1,9).\alpha.h_0))/(\alpha.r_0)0,91 \quad (\text{Eq. 13})$$

$$A = (11,65.(n^{0.1} - 1).exp(7,5.(n - 1,9).\alpha.h_0))/(\alpha.r_0)0,91 \quad (\text{Eq. 14})$$

Em que:  $n$  e  $\alpha$  são os parâmetros de *vanGenuchten* (adimensionais),  $r_0$  é o raio do infiltrômetro (2,25 cm) e  $h_0$  é carga hidráulica (sucção) (cm) na superfície do disco que fica em contato com o solo.

**Tabela 2 - Parâmetros de Van Genuchten para 12 classes de textura do solo e A valores para um raio de disco de 2,25 cm e valores de sucção de 0,5 a 6cm.**

	$\alpha$	$n$	$h_0$						
			-0.5	-1	-2	-3	-4	-5	-6
Textura			A						
<b>Areia</b>	<b>145</b>	<b>2.68</b>	<b>2.84</b>	<b>2.40</b>	<b>1.73</b>	<b>1.24</b>	<b>0.89</b>	<b>0.64</b>	<b>0.46</b>
<b>Areia Franca</b>	<b>124</b>	<b>2.28</b>	<b>2.99</b>	<b>2.79</b>	<b>2.43</b>	<b>2.12</b>	<b>1.84</b>	<b>1.61</b>	<b>1.40</b>
<b>Franco Arenoso</b>	<b>75</b>	<b>1.89</b>	<b>3.88</b>	<b>3.89</b>	<b>3.91</b>	<b>3.93</b>	<b>3.95</b>	<b>3.98</b>	<b>4.00</b>
<b>Franca</b>	<b>36</b>	<b>1.56</b>	<b>5.46</b>	<b>5.72</b>	<b>6.27</b>	<b>6.87</b>	<b>7.53</b>	<b>8.25</b>	<b>09.05</b>
<b>Silt</b>	<b>16</b>	<b>1.37</b>	<b>7.92</b>	<b>8.18</b>	<b>8.71</b>	<b>9.29</b>	<b>9.90</b>	<b>10.55</b>	<b>11.24</b>
<b>Franco Siltosa</b>	<b>20</b>	<b>1.41</b>	<b>7.10</b>	<b>7.37</b>	<b>7.93</b>	<b>8.53</b>	<b>9.19</b>	<b>9.89</b>	<b>10.64</b>
<b>Franco Argiloso Arenosa</b>	<b>59</b>	<b>1.48</b>	<b>3.21</b>	<b>3.52</b>	<b>4.24</b>	<b>5.11</b>	<b>6.15</b>	<b>7.41</b>	<b>8.92</b>
<b>Franco Argilosa</b>	<b>19</b>	<b>1.31</b>	<b>5.86</b>	<b>6.11</b>	<b>6.64</b>	<b>7.23</b>	<b>7.86</b>	<b>8.55</b>	<b>9.30</b>
<b>Franco Argiloso Siltosa</b>	<b>10</b>	<b>1.23</b>	<b>7.89</b>	<b>08.09</b>	<b>8.51</b>	<b>8.95</b>	<b>9.41</b>	<b>9.90</b>	<b>10.41</b>
<b>Argilo Arenosa</b>	<b>27</b>	<b>1.23</b>	<b>3.34</b>	<b>3.57</b>	<b>04.09</b>	<b>4.68</b>	<b>5.36</b>	<b>6.14</b>	<b>07.04</b>
<b>Argilo Siltosa</b>	<b>5</b>	<b>01.09</b>	<b>06.08</b>	<b>6.17</b>	<b>6.36</b>	<b>6.56</b>	<b>6.76</b>	<b>6.97</b>	<b>7.18</b>
<b>Muito Argilosa</b>	<b>8</b>	<b>01.09</b>	<b>4.00</b>	<b>4.10</b>	<b>4.30</b>	<b>4.51</b>	<b>4.74</b>	<b>4.98</b>	<b>5.22</b>

$n$  e  $\alpha$  são os parâmetros de *vanGenuchten*,  $h_0$  é carga hidráulica (sucção) (cm) na superfície do disco que fica em contato com o solo. Fonte: Manual Mini Disk Infiltrometer, 2012.

#### **4.2.2.7. Comparação entre os dados**

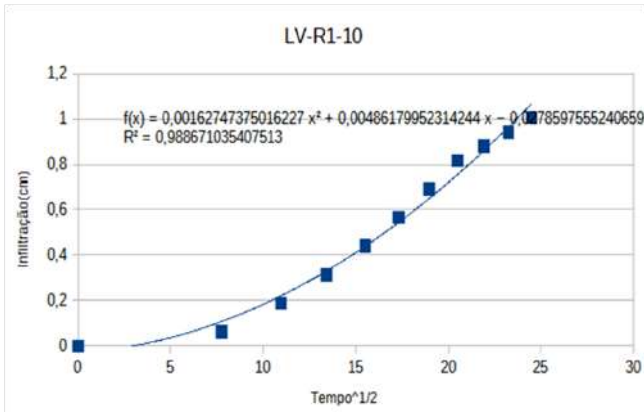
Para todos os atributos físico-hídricos e carbono orgânico investigados as seguintes análises estatísticas descritiva e exploratória foram realizadas: média, máximo, mínimo, mediana, variância, coeficiente de variação e desvio-padrão. Análises de correlação foram aplicadas para identificar e quantificar, caso ocorra, a interação entre a condutividade hidráulica do solo saturado com os demais atributos físicos e com o carbono orgânico. Teste de média e análise de variância também foram aplicados nos valores de condutividade hidráulica do solo saturado, no intuito de identificar possíveis diferenças destes valores entre profundidades de um mesmo perfil de solo e entre classes de solos ao longo da topossequência estudada.

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **5.1 Infiltração da água nos solos estudados**

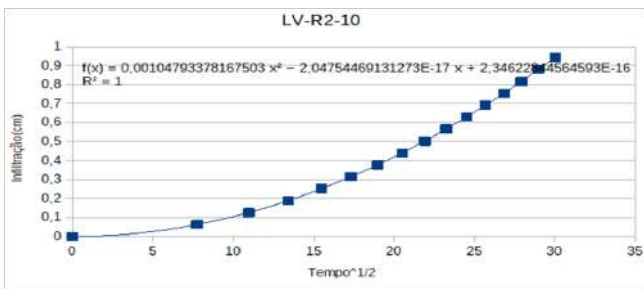
A seguir são apresentados os gráficos de infiltração de água no solo obtidos pelo teste MiniDisk para todos os solos estudados, considerando as profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm e em todas as 3 repetições (gráficos 1 a 45). Pode-se observar que em nenhuma das situações os coeficientes das equações de segundo grau obtidas foram semelhantes, indicando que em cada teste as condições de infiltração dos solos foram distintas. Todos os coeficientes de determinação obtidos foram superiores a 0,99, indicando um ótimo ajuste das equações aos pares de pontos obtidos durante os testes para cada situação.

**Gráfico 1: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho, camada de 0 a 20 cm e primeira repetição (LV-R1-10).**



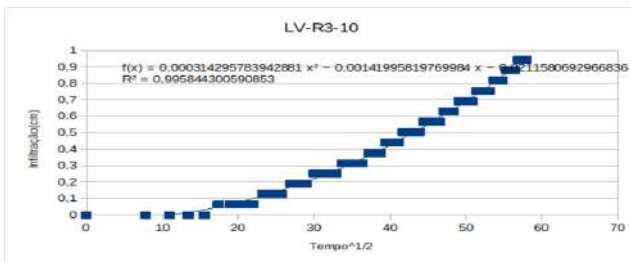
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

**Gráfico 2: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho, camada de 0 a 20 cm e segunda repetição (LV-R2-10).**



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

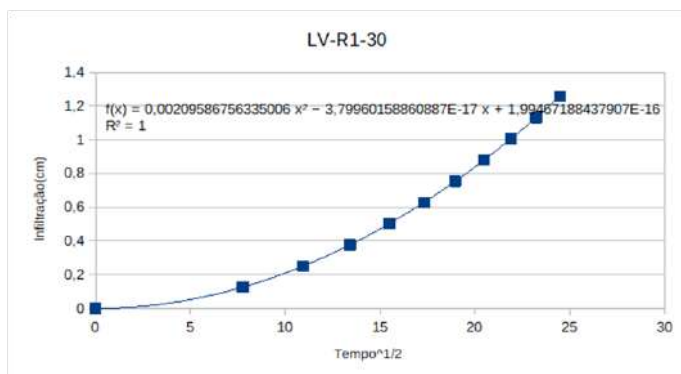
**Gráfico 3: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho, camada de 0 a 20 cm e terceira repetição (LV-R3-10).**



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

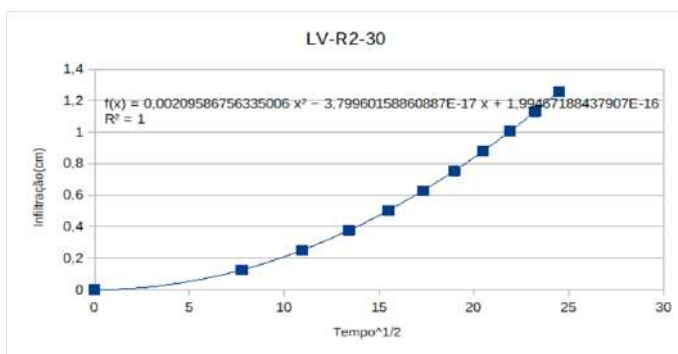


**Gráfico 4: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho, camada de 20 a 40 cm e primeira repetição (LV-R1-30).**



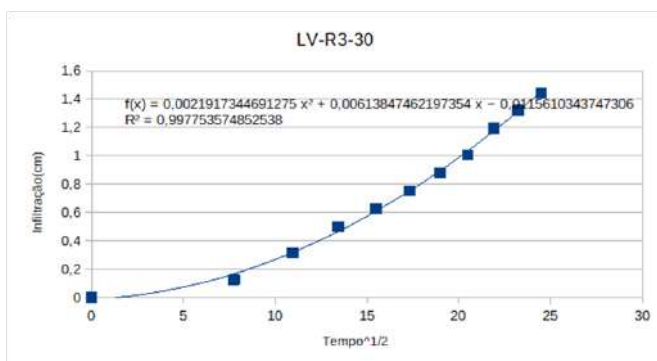
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 5: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho, camada de 20 a 40 cm e segunda repetição (LV-R2-30).**



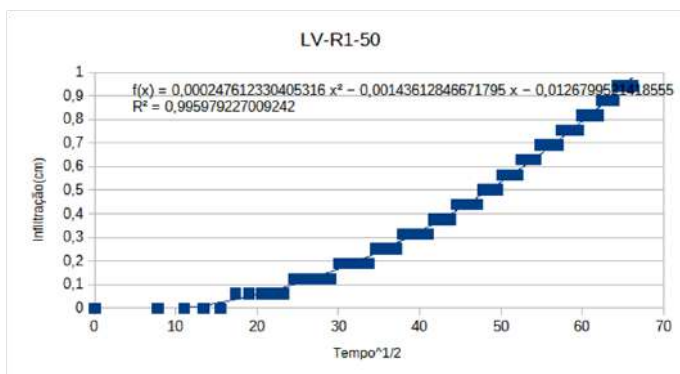
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 6: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho, camada de 20 a 40 cm e terceira repetição (LV-R3-30).**



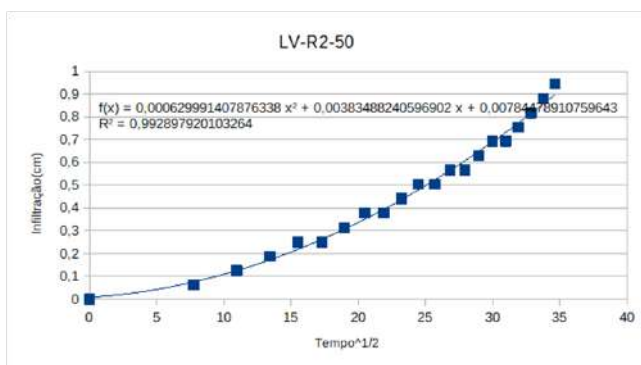
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 7: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho, camada de 40 a 60 cm e primeira repetição (LV-R1-50).**



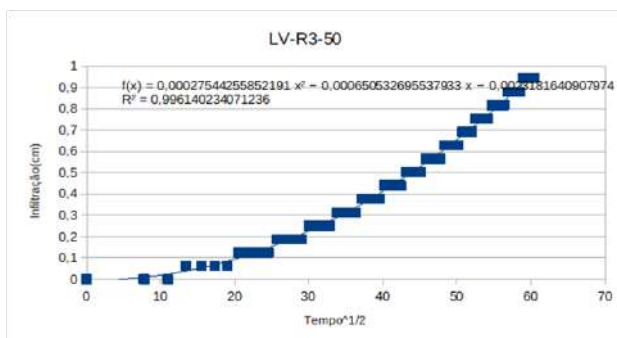
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 8: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho, camada de 40 a 60 cm e segunda repetição (LV-R2-50).**



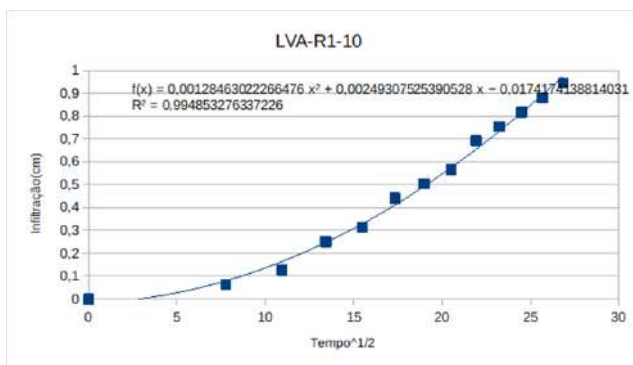
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 9: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho, camada de 40 a 60 cm e terceira repetição (LV-R3-50).**



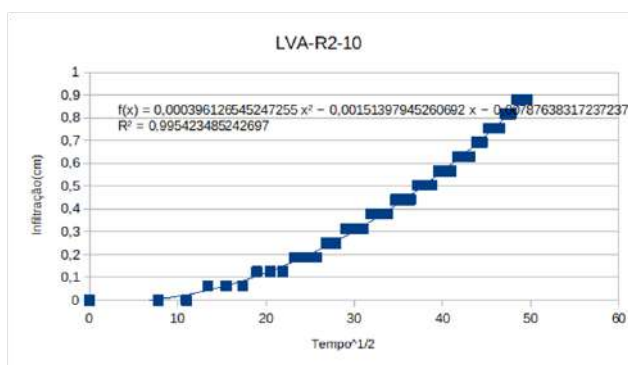
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 10: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho - Amarelo, camada de 0 a 20 cm e primeira repetição (LVA-R1-10).**



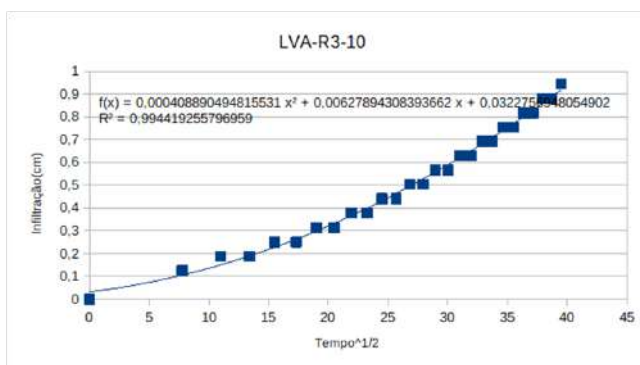
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 11: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho - Amarelo, camada de 0 a 20 cm e segunda repetição (LVA-R2-10).**



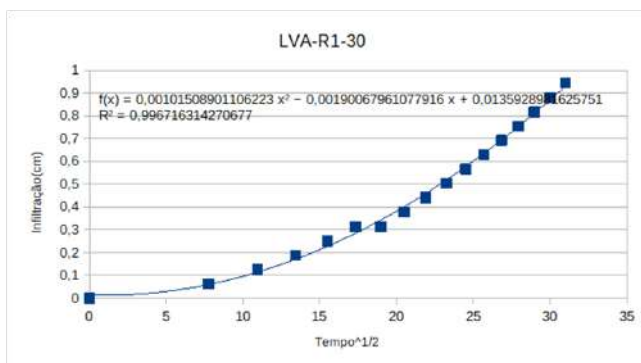
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 12: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho - Amarelo, camada de 0 a 20 cm e terceira repetição (LVA-R3-10).**



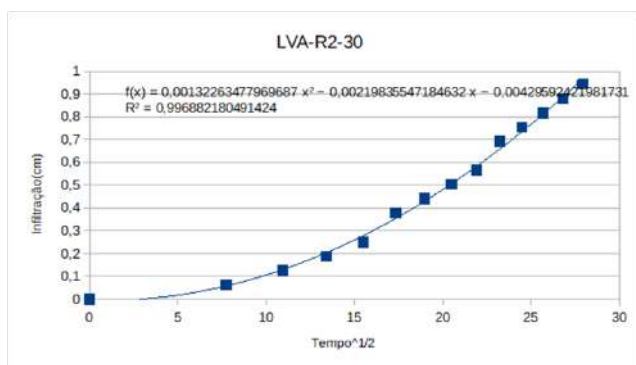
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 13: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho - Amarelo, camada de 20 a 40 cm e primeira repetição (LVA-R1-30).**



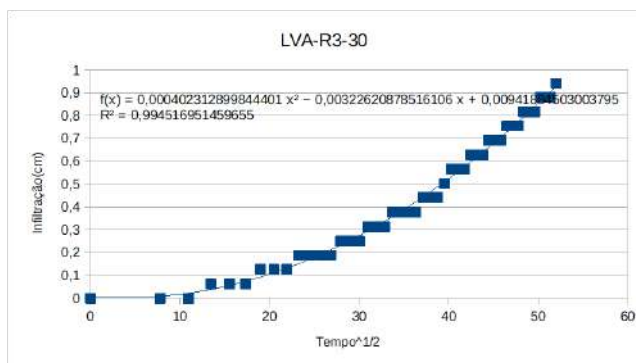
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 14: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho - Amarelo, camada de 20 a 40 cm e segunda repetição (LVA-R2-30).**



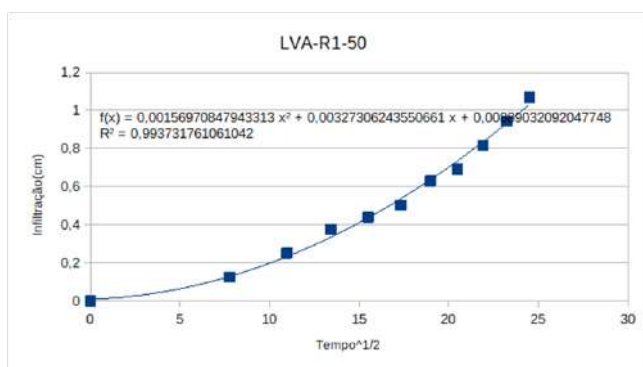
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 15: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho - Amarelo, camada de 20 a 40 cm e terceira repetição (LVA-R3-30).**



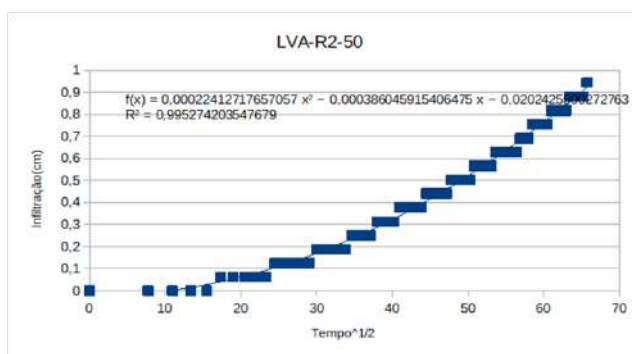
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 16: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho - Amarelo, camada de 40 a 60 cm e primeira repetição (LVA-R1-50).**



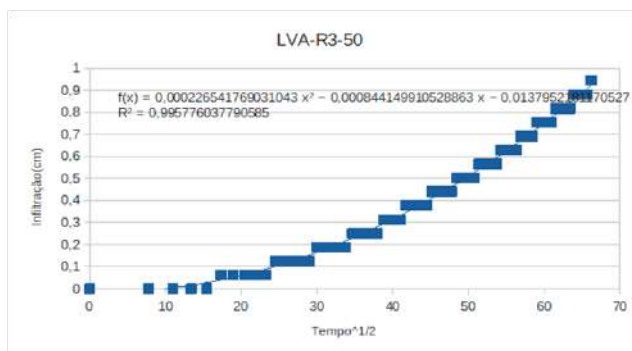
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 17: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho - Amarelo, camada de 40 a 60 cm e segunda repetição (LVA-R2-50).**



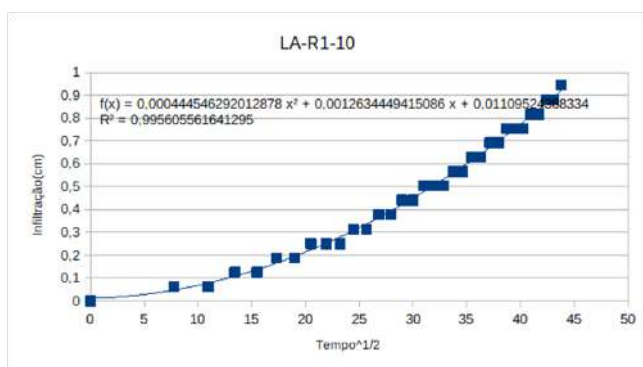
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 18: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Vermelho - Amarelo, camada de 40 a 60 cm e terceira repetição (LVA-R3-50).**



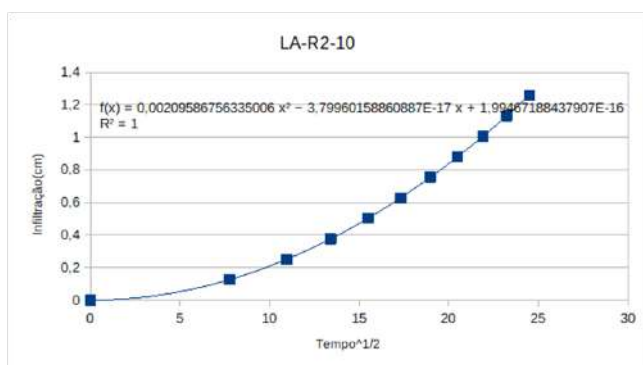
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 19: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Amarelo, camada de 0 a 20 cm e primeira repetição (LA-R1-10).**



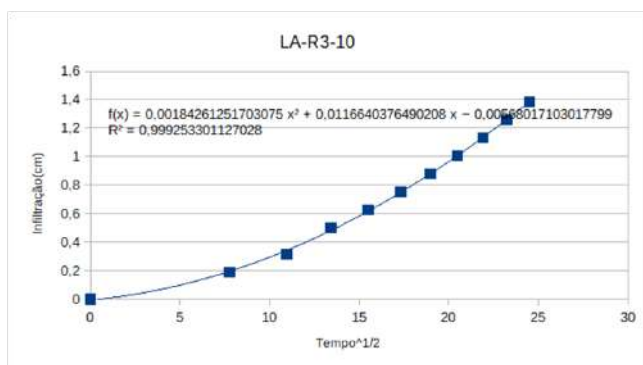
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 20: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Amarelo, camada de 0 a 20 cm e segunda repetição (LA-R2-10).**



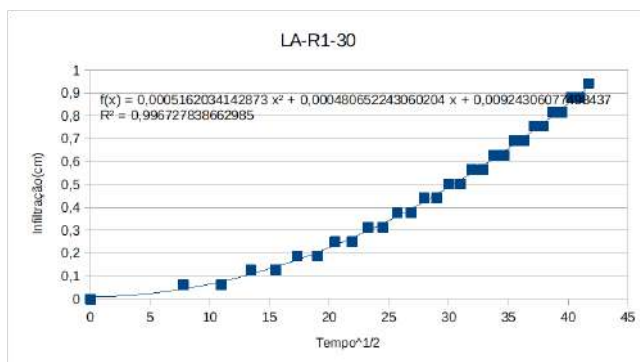
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 21: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Amarelo, camada de 0 a 20 cm e terceira repetição (LA-R3-10).**



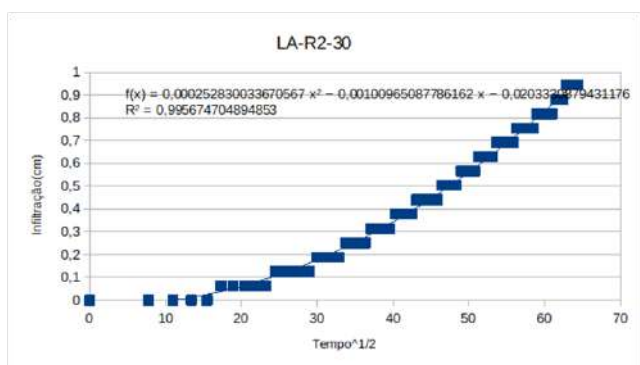
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 22: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Amarelo, camada de 20 a 40 cm e primeira repetição (LA-R1-30).**



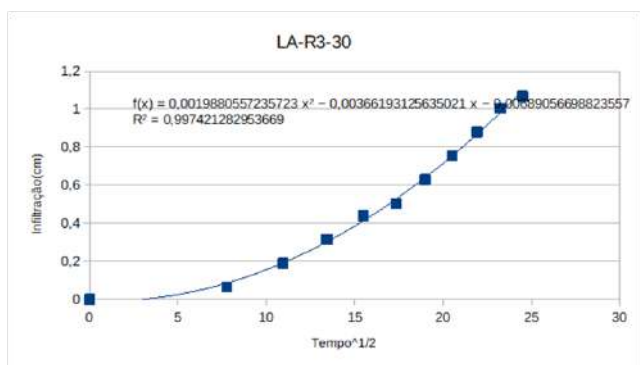
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 23: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Amarelo, camada de 20 a 40 cm e segunda repetição (LA-R2-30).**



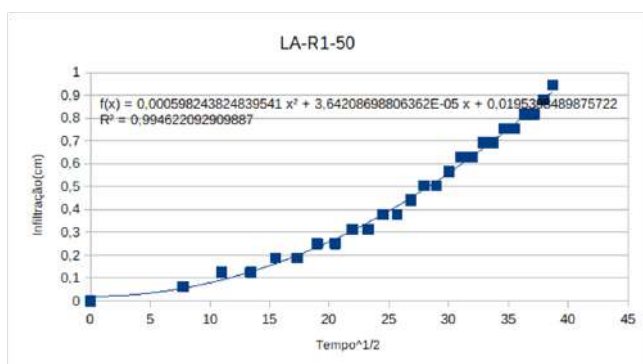
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 24: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Amarelo, camada de 20 a 40 cm e terceira repetição (LA-R3-30).**



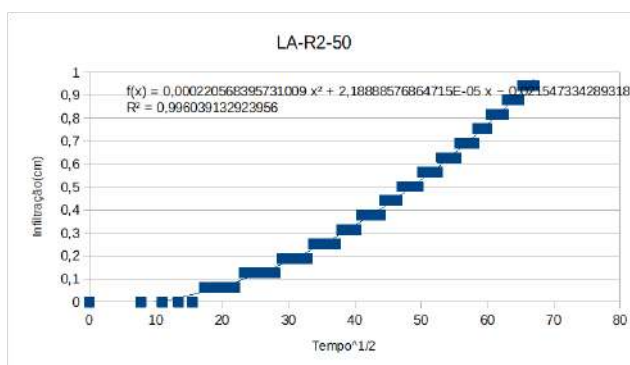
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 25: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Amarelo, camada de 40 a 60 cm e primeira repetição (LA-R1-50).**



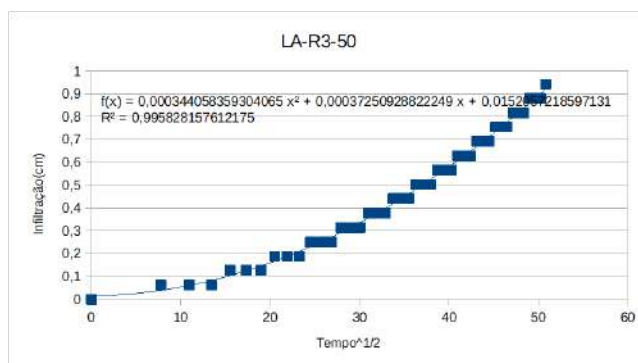
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 26: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Amarelo, camada de 40 a 60 cm e segunda repetição (LA-R2-50).**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

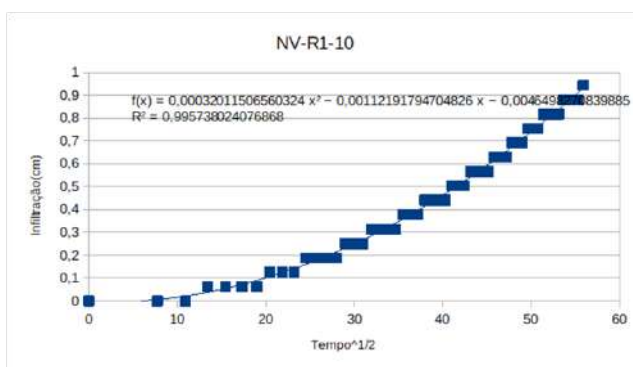
**Gráfico 27: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Latossolo Amarelo, camada de 40 a 60 cm e terceira repetição (LA-R3-50).**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

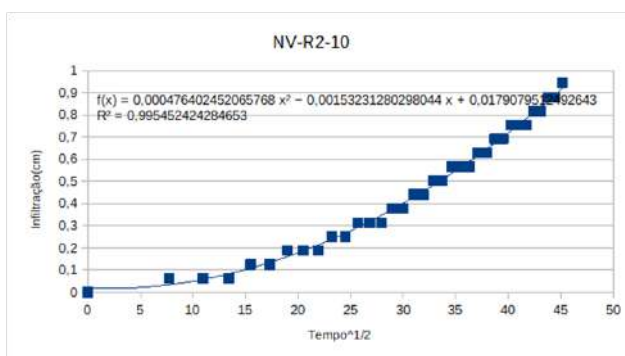


**Gráfico 28:** Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Nitossolo Vermelho, camada de 0 a 20 cm e primeira repetição (NV-R1-10).



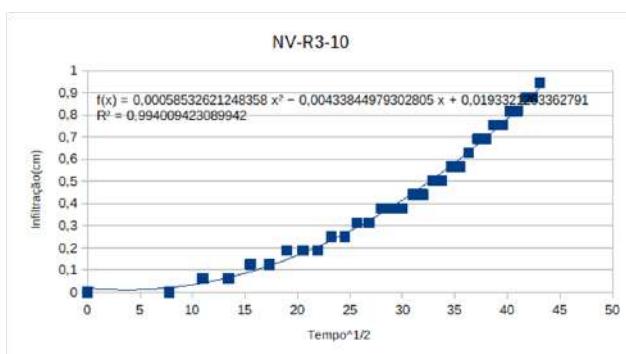
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 29:** Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Nitossolo Vermelho, camada de 0 a 20 cm e segunda repetição (NV-R2-10).



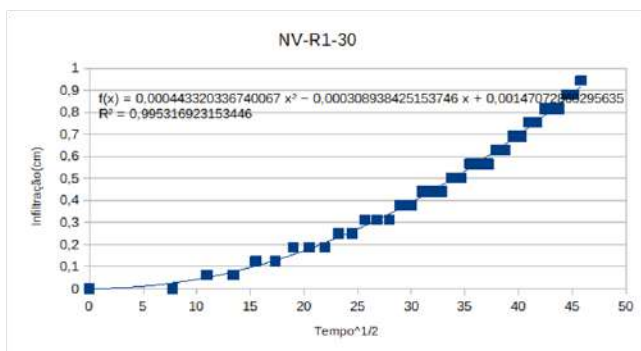
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 30:** Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Nitossolo Vermelho, camada de 0 a 20 cm e terceira repetição (NV-R3-10).



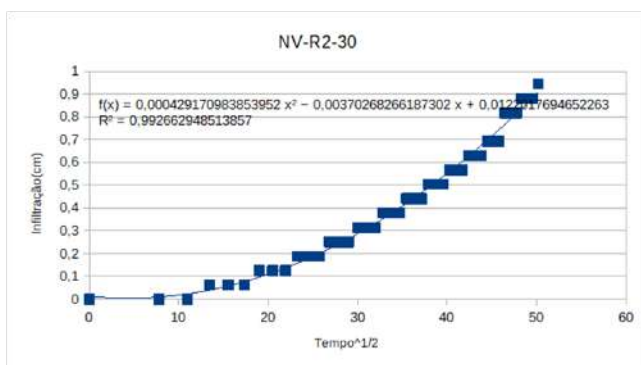
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 31: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Nitossolo Vermelho, camada de 20 a 40 cm e primeira repetição (NV-R1-30).**



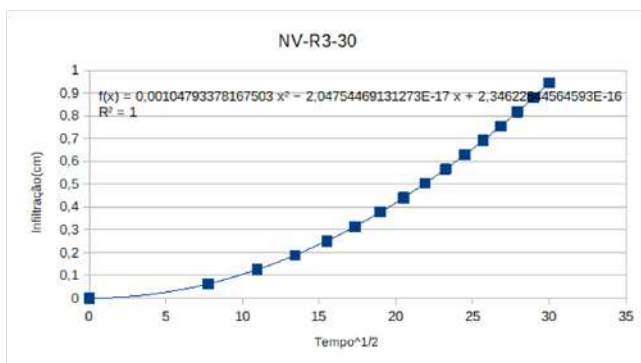
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 32: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Nitossolo Vermelho, camada de 20 a 40 cm e segunda repetição (NV-R2-30).**



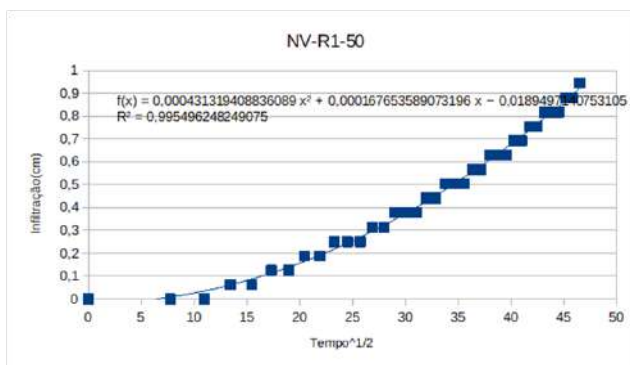
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 33: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Nitossolo Vermelho, camada de 20 a 40 cm e terceira repetição (NV-R3-30).**



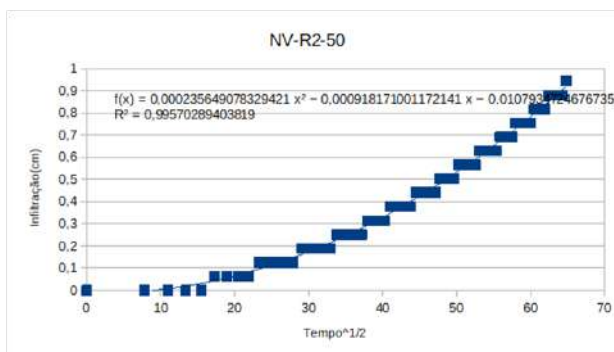
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 34: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Nitossolo Vermelho, camada de 40 a 60 cm e primeira repetição (NV-R1-50).**



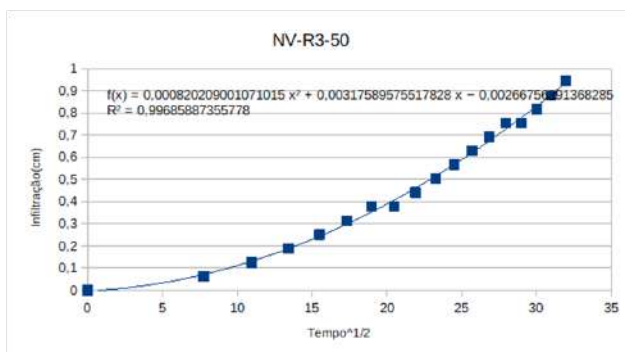
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 35: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Nitossolo Vermelho, camada de 40 a 60 cm e segunda repetição (NV-R2-50).**



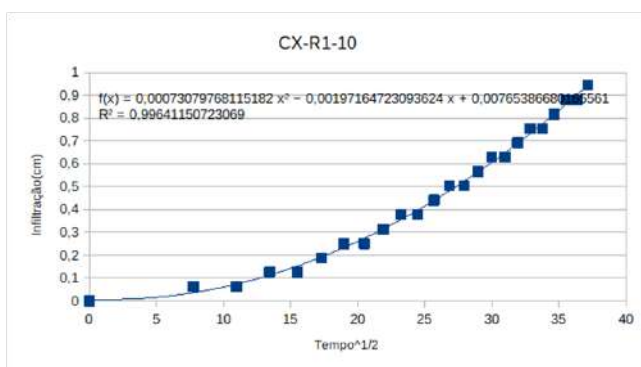
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 36: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Nitossolo Vermelho, camada de 40 a 60 cm e terceira repetição (NV-R3-50).**



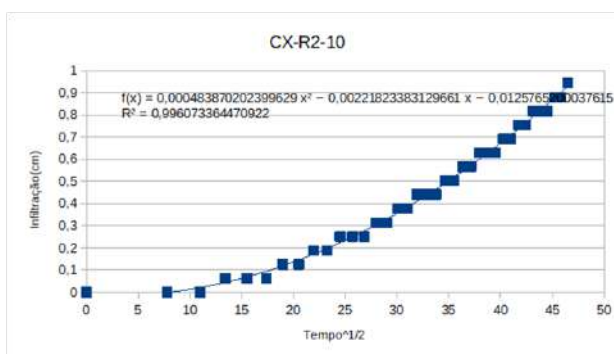
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 37: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Cambissolo Háplico, camada de 0 a 20 cm e primeira repetição (CX-R1-10).**



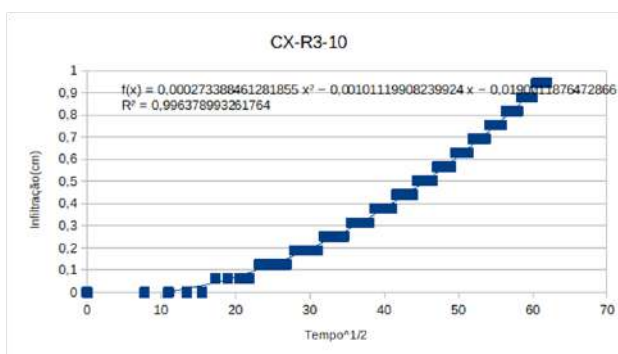
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 38: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Cambissolo Háplico, camada de 0 a 20 cm e segunda repetição (CX-R2-10).**



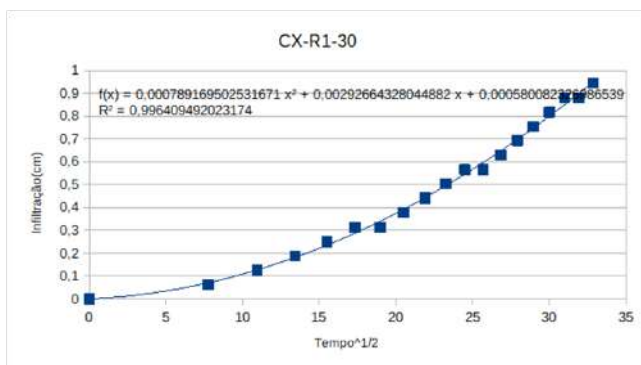
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 39: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Cambissolo Háplico, camada de 0 a 20 cm e terceira repetição (CX-R3-10).**



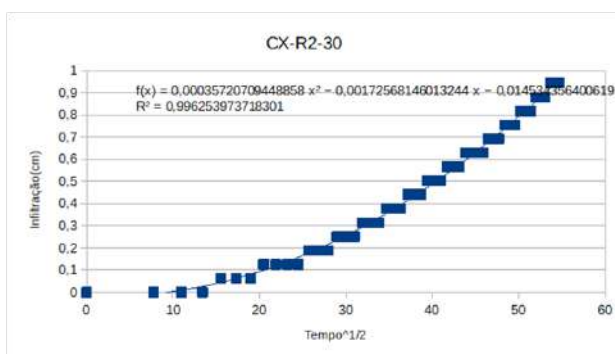
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 40: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Cambissolo Háplico, camada de 20 a 40 cm e primeira repetição (CX-R1-30).**



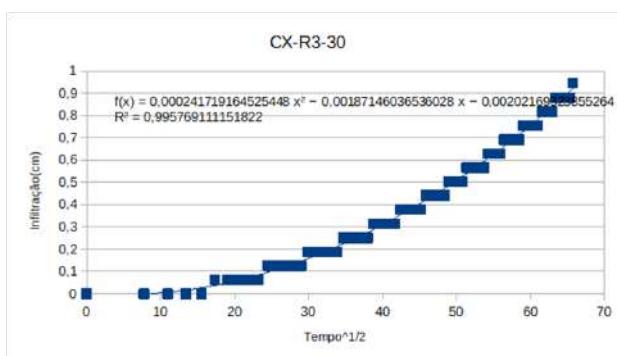
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 41: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Cambissolo Háplico, camada de 20 a 40 cm e segunda repetição (CX-R2-30).**



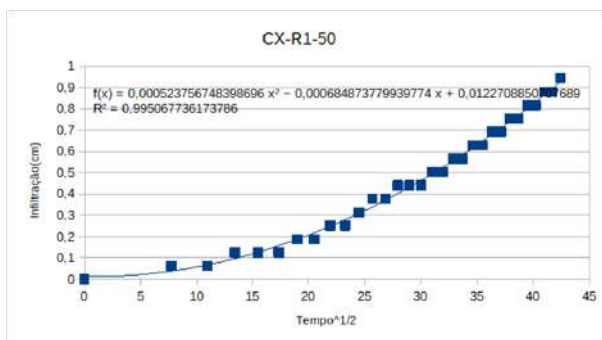
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 42: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Cambissolo Háplico, camada de 20 a 40 cm e terceira repetição (CX-R3-30).**



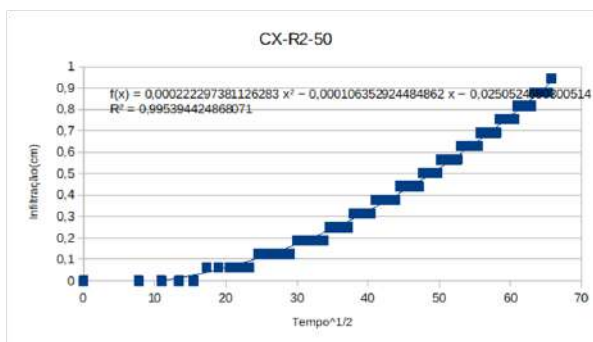
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 43: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Cambissolo Háplico, camada de 40 a 60 cm e primeira repetição (CX-R1-50).**



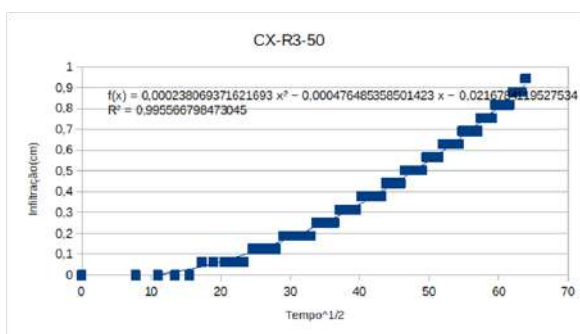
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 44: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Cambissolo Háplico, camada de 40 a 60 cm e segunda repetição (CX-R2-50).**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Gráfico 45: Curva de infiltração de água no solo oriunda do teste MiniDisk para o Cambissolo Háplico, camada de 40 a 60 cm e terceira repetição (CX-R3-50).**



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

## **5.2. Condutividade hidráulica (Ksat) dos solos estudados**

De forma geral, todos os valores de condutividade hidráulica dos solos saturados obtidos neste trabalho (tabelas 3, 4, 5, 6 e 7) enquadram-se como moderadamente baixo e moderadamente alto, segundo a classificação da USDA (2017), presente na tabela 1. A seguir, foram apresentadas as características físico-hídricas de cada solo estudado.

### **5.2.1. LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico**

Nas três profundidades (0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm) estudadas para esta classe de solo específica, os valores de Ksat média foram classificados como moderadamente altos, sendo este solo, o que apresentou os maiores valores de Ksat. Os valores de Ksat nesta classe de solo podem ser explicados pelo fato de que os valores de porosidade total são os segundos maiores dentre os solos estudados, ficando atrás somente do Latossolo Amarelo. Dentre as classes de solos analisadas, esta foi a que apresentou a maior média de carbono orgânico, que influencia de forma inversa nos valores de Ksat, pois solos com maiores teores de matéria orgânica, possuem uma maior capacidade de retenção de água, diminuindo a condutividade hidráulica. A média dos valores de condutividade hidráulica saturada obtidos nesta classe de solo foi de 9,2 mm h<sup>-1</sup>, destoando do valor encontrado por Sousa e Alves (2003), de 108 mm h<sup>-1</sup>.

Tabela 3 – Resultados dos atributos do LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico e suas respectivas análises estatísticas descritivas.

Classe	Camada cm	Repetição	Are	Sil	Arg	Textura	ADA	GF	Ds	Dp	$\alpha$	Ma	Mi	C.O.	Ksat	Eq. Infiltr.
			%					%	g cm <sup>-3</sup>		%	mm h <sup>-1</sup>				
LV	0 – 20	1	12,96	12,50	74,54	Argilosa	18,8	74,78	1,10	2,33	52,54	20,71	31,83	2,76	15,19	$f(x)=0,0016x^2+0,0049x-0,0279$
		2	14,15	14,04	71,81	Argilosa	20	72,15	1,00	2,20	54,50	25,80	28,70	3,44	9,20	$f(x)=0,0010x^2-2,0475x10^{-17}x+2,3462x10^{-16}$
		3	11,42	11,25	77,33	Argilosa	17,35	77,56	1,13	2,20	48,68	19,27	29,41	3,17	2,89	$f(x)=0,0003x^2-0,0014x-0,0212$
	20 – 40	1	12,39	12,35	75,26	Argilosa	1,15	98,47	1,08	2,20	50,91	21,75	29,16	1,71	18,40	$f(x)=0,0021x^2-3,7996x10^{-17}x+1,9947x10^{-16}$
		2	14,19	15,39	70,42	Argilosa	26,45	62,44	0,98	2,13	53,85	26,65	27,21	2,89	18,40	$f(x)=0,0021x^2-3,7996x10^{-17}x+1,9947x10^{-16}$
		3	11,45	13,72	74,83	Argilosa	23,5	68,60	1,16	2,15	45,93	17,65	28,28	2,33	19,62	$f(x)=0,0021x^2+0,0061x-0,01156$
	40 – 60	1	12,33	14,23	73,44	Argilosa	22,8	68,95	1,14	2,27	49,93	19,00	30,94	1,64	2,24	$f(x)=0,0002x^2-0,0014x-0,0127$
		2	11,12	12,56	76,32	Argilosa	8,45	88,93	1,03	2,15	52,12	23,76	28,35	1,59	5,40	$f(x)=0,0006x^2+0,0038x+0,0078$
		3	11,98	13,67	74,35	Argilosa	0,5	99,33	1,14	2,15	47,00	18,83	28,17	1,62	2,43	$f(x)=0,0003x^2-0,0007x-0,0023$
		Média	12,33	13,67	74,54		18,8	74,78	1,10	2,20	50,91	20,71	28,70	2,33	9,20	
		Máximo	14,19	15,39	77,33		26,45	99,33	1,16	2,33	54,50	26,65	31,83	3,44	19,62	
		Mínimo	11,12	11,25	70,42		0,50	62,44	0,98	2,13	45,93	17,65	27,21	1,59	2,24	
		Mediana	12,33	13,67	74,54		18,80	74,78	1,10	2,20	50,91	20,71	28,70	2,33	9,20	
		Variância	1,28	1,55	4,56		94,04	180,15	0,00	0,00	8,85	10,50	2,09	0,54	56,12	
		CV	10,90	10,99	34,90		1,94	5,57	16,69	33,95	17,11	6,39	19,86	3,17	1,23	
	DP	1,13	1,24	2,14		9,70	13,42	0,07	0,06	2,98	3,24	1,45	0,74	7,49		

Are: Areia; Sil; Silte; Arg: Argila; ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de Floculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula;  $\alpha$ : porosidade total; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade; C.O.: Carbono Orgânico; Ksat: Condutividade Hidráulica saturada; Eq. Infiltr.: Equação de infiltração; D.P: desvio padrão; CV (%): coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.



### **5.2.2. LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico**

Os valores de Ksat média foram classificados como moderadamente altos para as três profundidades (0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm) estudadas para esta classe de solo específica. Para este tipo de solo, foram encontrados valores de Ksat menores do que nas outras classes de Latossolos estudadas neste trabalho. Este fato é explicado pelos maiores valores de argila dispersa em água, sendo que o maior valor deste atributo físico foi constatado nesta classe de solo na segunda repetição da profundidade de 40-60 cm, como mostra a tabela 4. Neste solo, a matéria orgânica através dos valores de carbono orgânico prejudica a Ksat. A estruturação dos solos pode ser entendida de forma sensível a partir de valores de macroporosidade, sendo a média de macroporosidade a maior encontrada dentre todas as classes de solos examinadas. Para as mesmas condições de relevo e tipo de manejo, os solos com grau de flocculação próximo a 100% são menos erosivos que os solos com baixo valor de grau de flocculação, ou alto teor de argila dispersa em água.

Tabela 4 – Resultados dos atributos do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico e suas respectivas análises estatísticas descritivas.

Classe	Camada cm	Repetição	Are	Sil	Arg	Textura	ADA	GF	Ds	Dp	$\alpha$	Ma	Mi	C.O.	Ksat	Eq. Infiltr.
			%	%	%		%	g cm <sup>-3</sup>	%	mm h <sup>-1</sup>						
LVA	0 – 20	1	20,69	28,00	51,31	Franco-argilosa	25,00	51,28	1,14	2,13	46,52	20,77	25,75	5,12	11,76	$f(x)=0,0013 x^2 + 0,0025 x - 0,0174$
		2	16,32	24,40	59,28	Franco-argilosa	23,15	60,95	0,84	2,11	60,15	33,75	26,40	4,40	3,58	$f(x)=0,0004 x^2 - 0,0015 x - 0,0079$
		3	14,08	27,55	58,37	Franco-argilosa	20,00	65,73	1,15	2,30	50,07	18,90	31,16	4,81	3,16	$f(x)=0,0004 x^2 + 0,0063 x + 0,0323$
	20 – 40	1	32,38	2,48	65,14	Argilosa	21,85	66,45	1,14	2,27	49,89	23,20	26,69	2,23	7,06	$f(x)=0,0010 x^2 - 0,0019 x + 0,0136$
		2	15,05	20,63	64,32	Argilosa	28,70	55,38	0,83	2,11	60,43	33,76	26,67	1,97	11,72	$f(x)=0,0013 x^2 - 0,0022 x - 0,0043$
		3	14,08	18,67	67,25	Argilosa	20,55	69,44	1,13	2,22	49,01	19,60	29,41	2,71	3,46	$f(x)=0,0004 x^2 - 0,0032 x + 0,0094$
	40 – 60	1	12,34	15,71	71,95	Argilosa	25,65	64,35	1,05	2,08	49,69	23,18	26,50	1,75	13,50	$f(x)=0,0060 x^2 + 0,0033 x + 0,0089$
		2	13,97	23,49	62,54	Argilosa	30,50	51,23	0,79	2,22	64,41	35,49	28,92	1,63	2,07	$f(x)=0,0002 x^2 - 0,0004 x - 0,0202$
		3	12,49	16,81	70,70	Argilosa	4,10	94,20	0,95	2,25	57,72	27,77	29,95	1,82	2,06	$f(x)=0,0002 x^2 - 0,0008 x - 0,014$
		Média	14,08	20,63	64,32		23,15	64,35	1,05	2,22	50,07	23,20	26,69	2,23	3,58	
		Máximo	32,38	28,00	71,95		30,50	94,20	1,15	2,30	64,41	35,49	31,16	5,12	13,50	
		Mínimo	12,34	2,48	51,31		4,10	51,23	0,79	2,08	46,52	18,90	25,75	1,63	2,06	
		Mediana	14,08	20,63	64,32		23,15	64,35	1,05	2,22	50,07	23,20	26,69	2,23	3,58	
		Variância	40,30	61,21	41,78		58,38	169,78	0,02	0,01	41,60	43,41	3,74	2,03	21,57	
		CV	2,22	2,64	9,95		3,03	4,94	6,98	27,11	7,76	3,52	13,80	1,57	0,77	
	DP	6,35	7,82	6,46		7,64	13,03	0,15	0,08	6,45	6,59	1,93	1,42	4,64		

Are: Areia; Sil; Silte; Arg: Argila; ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de Flocculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula;  $\alpha$ : porosidade total; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade; C.O.: Carbono Orgânico; Ksat: Condutividade Hidráulica saturada; Eq. Infiltr.: Equação de infiltração; D.P: desvio padrão; CV (%): coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

### **5.2.3. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplúntico**

Nas três profundidades (0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm) estudadas para esta classe de solo específica, os valores de Ksat média foram classificados como moderadamente altos. Esta classe de solo destacou-se principalmente pelos altos valores de grau de flocculação, constatados pelos dados de média, mediana, máximo e mínimo presentes na tabela 5. O grau de flocculação diz respeito de forma substancial sobre a estruturação dos solos, demonstrando principalmente a erodibilidade dos solos, sendo os solos com menores valores de grau de flocculação, os mais susceptíveis à erosão de solo. A média dos valores de Ksat para este solo foi de  $4,42 \text{ mm h}^{-1}$ , sendo semelhante ao valor de  $7,2 \text{ mm h}^{-1}$  encontrado por GONÇALVES e LIBARDI (2013). O que explica os baixos valores de Ksat neste solo são os menores valores de areia se comparados às outras classes de solo. Esses valores também podem ser explicados pela textura argilosa estabelecida em todas as repetições realizadas, conforme apresentado na tabela 5, já que solos arenosos possuem maior macroporosidade que os argilosos e, logo apresentam maiores taxas de infiltração e condutividade hidráulica, ou seja, quanto maior for a presença de partículas finas, menor será a Ksat. A areia contribui com a macroporosidade do solo, sendo este aspecto superado pela parcela de microporosidade presente na tabela 5, prejudicando os locais por onde a água se movimenta no solo, influenciando negativamente a condutividade hidráulica do solo saturado.

Tabela 5 – Resultados dos atributos do LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplúntico típico e suas respectivas análises estatísticas descritivas.

Classe	Camada cm	Repetição	Are	Sil	Arg	Textura	ADA	GF	Ds	Dp	$\alpha$	Ma	Mi	C.O.	Ksat	Eq. Infiltr.
			%					%		g cm <sup>-3</sup>		%		mm h <sup>-1</sup>		
LA	0 – 20	1	7,78	19,45	72,77	Argilosa	23,65	67,5	1,06	2,20	52,00	21,89	30,11	2,69	3,78	$f(x)=0,0004 x^2 + 0,0013 x + 0,0111$
		2	9,34	22,84	67,82	Argilosa	19,40	71,4	0,85	2,25	62,17	31,76	30,42	2,40	18,40	$f(x)= 0,0021 x^2 - 3,7996 x 10^{-17} x + 1,9947 x 10^{-16}$
		3	8,77	21,29	69,94	Argilosa	23,25	66,76	1,20	2,27	47,34	15,50	31,84	2,03	16,36	$f(x)=0,0018 x^2 + 0,0117 x - 0,0057$
	20 – 40	1	7,79	22,18	70,03	Argilosa	1,40	98	1,10	2,20	49,77	19,62	30,16	1,69	4,42	$f(x)=0,0005 x^2 + 0,0005 x + 0,0092$
		2	8,2	22,82	68,98	Argilosa	21,65	68,61	0,74	2,25	67,02	36,58	30,44	1,93	2,31	$f(x)=0,0003 x^2 - 0,0010 x - 0,0203$
		3	8,73	21,43	69,84	Argilosa	0,65	99,07	1,12	2,27	50,55	18,88	31,67	1,19	17,68	$f(x)=0,0020 x^2 - 0,0037 x - 0,0069$
	40 – 60	1	9,06	27,87	63,07	Argilosa	0,05	99,92	1,04	2,35	55,89	22,95	32,93	1,25	4,98	$f(x)=0,0006 x^2 + 3,6420 x 10^{-05} x + 0,0195$
		2	8,37	26,78	64,85	Argilosa	0,10	99,85	0,71	2,22	68,10	38,11	29,99	1,18	2,04	$f(x)=0,0002 x^2 + 2,1889 x 10^{-05} x - 0,0215$
		3	8,3	22,92	68,78	Argilosa	0,25	99,64	1,11	2,15	48,58	19,63	28,95	1,40	2,89	$f(x)=0,0003 x^2 + 0,0004 x + 0,0152$
		Média	8,37	22,82	68,98		1,40	98	1,06	2,25	52,00	21,89	30,42	1,69	4,42	
		Máximo	9,34	27,87	72,77		23,65	99,92	1,20	2,35	68,10	38,11	32,93	2,69	18,40	
		Mínimo	7,78	19,45	63,07		0,05	66,76	0,71	2,15	47,34	15,50	28,95	1,18	2,04	
		Mediana	8,37	22,82	68,98		1,40	98	1,06	2,25	52,00	21,89	30,42	1,69	4,42	
		Variância	0,29	7,09	8,50		129,93	264,16	0,03	0,00	64,97	68,88	1,45	0,30	50,68	
		CV	15,57	8,57	23,66		0,12	6,03	5,92	38,81	6,45	2,64	25,30	3,07	0,62	
	DP	0,54	2,66	2,92		11,40	16,25	0,18	0,06	8,06	8,30	1,20	0,55	7,12		

Are: Areia; Sil; Silte; Arg: Argila; ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de Floculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula;  $\alpha$ : porosidade total; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade; C.O.: Carbono Orgânico; Ksat: Condutividade Hidráulica saturada; Eq. Infiltr.: Equação de infiltração; D.P: desvio padrão; CV (%): coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

#### **5.2.4. NITOSSOLO VERMELHO Distrófico latossólico**

Para os valores de Ksat média neste solo, nas três profundidades (0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm), foi obtida a classificação como moderadamente altos. O Nitossolo foi a classe de solo que apresentou a maior média de densidade de partículas, devido principalmente aos valores altos de partículas da fração areia, descritos na tabela 6. Os valores de argila dispersa em água são altos se comparados às demais classes de solo, colaborando conseqüentemente no bloqueio dos poros, influenciando negativamente a Ksat. Apesar de ter sido o solo que obteve a maior variação dos valores de argila e areia, este fato não influenciou na condutividade hidráulica do solo saturado, deixando claro que a densidade do solo e porosidade do solo foram os fatores limitantes para baixos valores de Ksat. Apesar de ter somente a quarta maior média de valores de Ksat, o Nitossolo possui junto com o Latossolo Vermelho-Amarelo, a maior quantidade de valores de Ksat classificados como moderadamente altos.

Tabela 6 – Resultados dos atributos do NITOSSOLO VERMELHO Distrófico latossólico e suas respectivas análises estatísticas descritivas.

Classe	Camada cm	Repetição	Are	Sil	Arg	Textura	ADA	GF	Ds	Dp	$\alpha$	Ma	Mi	C.O.	Ksat	Eq. Infil.
			%	%	%	%	%	g cm <sup>-3</sup>	%	mm h <sup>-1</sup>						
NV	0 – 20	1	20,19	22,83	56,98	Franco-argilosa	20,15	64,63	1,15	2,27	49,45	20,15	29,30	2,54	2,84	$f(x)=0,0003 x^2 - 0,0011 x - 0,0046$
		2	16,39	20,68	62,93	Argilosa	26,95	57,17	1,35	2,25	40,06	10,14	29,92	1,59	4,00	$f(x)=0,0005 x^2 - 0,0015 x + 0,0179$
		3	16,10	15,55	68,35	Argilosa	28,20	58,74	1,35	2,41	44,10	10,08	34,02	1,54	4,92	$f(x)=0,0006 x^2 - 0,0043 x + 0,0193$
	20 – 40	1	22,41	27,05	50,54	Argilosa	19,65	61,12	1,07	2,22	51,98	24,44	27,54	3,13	3,88	$f(x)=0,0004 x^2 - 0,0003 x + 0,0015$
		2	19,39	27,14	53,47	Franco-argilosa	19,10	64,28	1,35	2,33	42,12	10,82	31,30	3,03	3,66	$f(x)=0,0004 x^2 - 0,0037 x + 0,0122$
		3	21,02	30,45	48,53	Franca	20,25	58,27	1,49	2,22	33,13	4,66	28,47	3,72	9,20	$f(x)=0,0010 x^2 - 2,0475 x 10^{-17} x + 2,3462 x 10^{-16}$
	40 – 60	1	60,14	23,07	16,79	Franca	25,01	58,42	1,05	2,36	55,39	33,09	22,31	1,43	3,97	$f(x)=0,0004 x^2 + 0,0002 x - 0,0189$
		2	58,99	22,21	18,80	Franca	20,30	65,58	1,24	2,25	45,00	24,33	20,67	1,36	2,12	$f(x)=0,0002 x^2 - 0,0009 x - 0,0108$
		3	15,01	18,63	66,36	Argilosa	15,31	75,27	1,46	2,28	36,11	4,69	31,43	1,45	7,26	$f(x)=0,0008 x^2 + 0,0032 x - 0,0027$
		Média	20,19	22,83	53,47		20,25	61,12	1,35	2,27	44,10	10,82	29,30	1,59	3,97	
		Máximo	60,14	30,45	68,35		28,20	75,27	1,49	2,41	55,39	33,09	34,02	3,72	9,20	
		Mínimo	15,01	15,55	16,79		15,31	57,17	1,05	2,22	33,13	4,66	20,67	1,36	2,12	
		Mediana	20,19	22,83	53,47		20,25	61,12	1,35	2,27	44,10	10,82	29,30	1,59	3,97	
		Variância	331,62	21,21	363,16		17,38	32,39	0,03	0,00	52,94	100,29	18,73	0,83	4,96	
		CV	1,11	4,96	2,81		4,86	10,74	8,44	34,99	6,06	1,08	6,77	1,74	1,78	
	DP	18,21	4,60	19,06		4,17	5,69	0,16	0,06	7,28	10,01	4,33	0,91	2,23		

Are: Areia; Sil; Silte; Arg: Argila; ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de Flocculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula;  $\alpha$ : porosidade total; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade; C.O.: Carbono Orgânico; Ksat: Condutividade Hidráulica saturada; Eq. Infil.: Equação de infiltração; D.P: desvio padrão; CV (%): coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

### 5.2.5. CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico

Esta classe de solo foi a única dentre as estudadas neste trabalho, que apresentaram classificação para Ksat média de moderadamente baixos para as três profundidades estudadas (0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm). Apesar de ter sido a classe de solo que apresentou os maiores valores de areia, comprovados pela média disposta na tabela 7, os valores de ksat para esta mancha não tiveram influência positiva deste atributo físico, contrariando a relação de influência positiva relatada de forma ampla na bibliografia (VIEIRA *et al.*, 2013).. Isso se deve principalmente ao fato de que a areia corrobora para maior presença de macroporosidade do solo, que é por onde a água se move através do solo. Entretanto, os valores de macroporosidade encontrados neste solo foram os mais baixos se comparados às demais classes de solo estudadas. Das 9 amostras estudadas nesta mancha de solo, somente 3 são classificadas como moderadamente alta em relação a ksat, sendo a restante moderadamente baixa. Este fato pode ser explicado também, pelo maior média de densidade do solo encontrada dentre as manchas de solos estudadas, tendo na primeira repetição da profundidade de 40-60 cm o maior valor de densidade do solo também dentre as 45 amostras analisadas, demonstrando que este solo explica a relação inversa que compactação de solo e Ksat possuem. Observando a variância dos atributos físicos examinados, destaca-se a homogeneidade da densidade do solo e a variação dos valores de Ksat, sendo a menor dentre todas as manchas de solo avaliadas.

Tabela 7 – Resultados dos atributos do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico e suas respectivas análises estatísticas descritivas.

Classe	Camada cm	Repetição	Are	Sil	Arg	Textura	ADA	GF	Ds	Dp	$\alpha$	Ma	Mi	C.O.	Ksat	Eq. Infiltr.
			%			%		$\text{g cm}^{-3}$		%			$\text{mm h}^{-1}$			
CX	0 – 20	1	26,31	43,16	30,53	Franca	12,20	60,04	1,50	2,33	35,54	5,17	30,37	2,97	4,23	$f(x)=0,0007 x^2 - 0,0020 x + 0,0077$
		2	27,01	43,76	29,23	Franca	11,50	60,66	1,52	2,27	32,94	4,16	28,78	2,75	2,93	$f(x)=0,0005 x^2 - 0,0022 x - 0,0126$
		3	25,30	43,69	31,01	Franca	12,80	58,72	1,43	2,27	36,90	7,98	28,92	2,67	1,68	$f(x)=0,0002 x^2 - 0,0010 x - 0,0190$
	20 – 40	1	24,06	42,34	33,60	Franca	14,90	55,65	1,43	2,30	37,80	7,91	29,89	1,55	4,64	$f(x)=0,0008 x^2 + 0,0029 x + 0,0006$
		2	24,43	44,03	31,54	Franca	13,10	58,46	1,47	2,22	33,94	6,22	27,72	1,52	2,17	$f(x)=0,0004 x^2 - 0,0017 x - 0,0145$
		3	23,74	42,71	33,55	Franca	16,15	51,87	1,42	2,22	36,19	8,40	27,79	1,60	1,43	$f(x)=0,0002 x^2 - 0,0019 x - 0,0020$
	40 – 60	1	44,11	24,86	31,03	Franca	8,45	80,85	1,73	2,30	24,70	-1,84	26,54	1,16	4,45	$f(x)=0,0005 x^2 - 0,0007 x + 0,01227$
		2	53,42	30,81	15,77	Franca	4,51	91,55	1,60	2,35	31,91	6,13	25,78	1,23	2,08	$f(x)=0,0002 x^2 - 0,0001 x - 0,0251$
		3	47,95	35,11	16,94	Franca	22,37	53,35	1,42	2,25	36,85	13,48	23,37	1,12	2,21	$f(x)=0,0002 x^2 - 0,0005 x - 0,0217$
	Média	26,31	42,71	31,01		12,80	58,72	1,47	2,27	35,54	6,22	27,79	1,55	2,21		
	Máximo	53,42	44,03	33,60		22,37	91,55	1,73	2,35	37,80	13,48	30,37	2,97	4,64		
	Mínimo	23,74	24,86	15,77		4,51	51,87	1,42	2,22	24,70	-1,84	23,37	1,12	1,43		
	Mediana	26,31	42,71	31,01		12,80	58,72	1,47	2,27	35,54	6,22	27,79	1,55	2,21		
	Variância	142,86	49,29	46,57		24,62	182,00	0,01	0,00	16,25	16,68	4,80	0,55	1,57		
	CV	2,20	6,08	4,54		2,58	4,35	14,01	50,85	8,82	1,52	12,69	2,08	1,76		
	DP	11,95	7,02	6,82		4,96	13,49	0,10	0,04	4,03	4,08	2,19	0,74	1,25		

Are: Areia; Sil; Silte; Arg: Argila; ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de Flocculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula;  $\alpha$ : porosidade total; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade; C.O.: Carbono Orgânico; Ksat: Condutividade Hidráulica saturada; Eq. Infiltr.: Equação de infiltração; D.P: desvio padrão; CV (%): coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.



### 5.3. Comparação dos valores de Ksat entre camadas e perfis

A tabela 8 foi elaborada a partir da análise de variância (ANOVA) e do teste de Tuckey entre os valores médios de Ksat entre camadas de um mesmo perfil e para uma mesma camada entre perfis. A Ksat média não variou de forma significativa nas diferentes profundidades de cada classe de solo em nenhum dos perfis estudados, exceto entre as camadas do LV. O mesmo ocorreu entre perfis nas profundidades de 0-20 cm e 40-60 cm, onde não houve diferença significativa entre as classes de solo. Apesar dos valores numericamente bastante diferentes, este comportamento pode ser atribuído à alta variância dos resultados obtidos pela análise em cada repetição. Entretanto, houve diferença significativa na profundidade de 20-40 cm entre o Latossolo Vermelho em relação ao Nitossolo Vermelho e o Cambissolo Háplico, onde os latossolos vermelho-amarelo e amarelo apresentaram valores intermediários. Estas diferenças significativas apresentadas podem estar relacionadas aos valores distintos dos conteúdos de silte e argila nesta camada entre estes perfis.

**Tabela 8 - Teste de Tukey ao nível de significância de 5% para Ksat .**

Camada	LV	LVA	LA	NV	CX
cm	mm h <sup>-1</sup>				
0 – 20	9,09 <sup>aA</sup>	6,17 <sup>aA</sup>	12,85 <sup>aA</sup>	3,92 <sup>aA</sup>	2,95 <sup>aA</sup>
20 – 40	18,81 <sup>aA</sup>	7,41 <sup>aAB</sup>	8,14 <sup>aAB</sup>	5,58 <sup>aB</sup>	2,75 <sup>aB</sup>
40 – 60	3,36 <sup>bA</sup>	5,88 <sup>aA</sup>	3,30 <sup>aA</sup>	4,45 <sup>aA</sup>	2,91 <sup>aA</sup>

Letras minúsculas (a e b) representam as comparações entre camadas de um mesmo perfil e letras maiúsculas (A e B) representam as comparações de uma mesma camada entre perfis. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

### 5.4. Correlação entre os atributos dos solos investigados

Ao contrário do que a bibliografia relata, as variáveis areia e Ksat foram correlacionadas de forma inversa, de acordo com a tabela 9. Este fenômeno pode ser explicado pelo fato de que os solos (Nitossolo Vermelho e Cambissolo Háplico) que possuem maiores quantidades de areia, tem menores valores de porosidade total e macroporosidade. O estudo realizado por Soracco *et al.*, 2012, revela que mais de 70% do fluxo de água pode passar por macroporos, fato que pode ser comprovado neste presente estudo pela correlação positiva expressa entre a macroporosidade e Ksat. Maiores valores das frações mais finas do

solo como silte e argila possuem correlação negativa com a condutividade hidráulica segundo pesquisas mencionadas, algo que foi comprovado no trabalho através da correlação negativa existente entre silte e  $K_{sat}$ , porém a argila expressou correlação positiva com  $K_{sat}$ , contrariando a prerrogativa, que solos com teores mais altos de argila possuem menores valores de macroporosidade, pois os Latossolos estudados neste trabalho apresentaram macroporosidade maior do que o Nitossolo Vermelho e o Cambissolo Háplico. A densidade do solo e  $K_{sat}$  correlacionaram entre si de forma inversamente proporcional devido aos altos valores de densidade do solo demonstrarem redução na porosidade do solo impedindo água de se movimentar através do mesmo. O comportamento das correlações de  $C_1$ , parâmetro de ajuste da equação de infiltração do método MiniDisk que representa a condutividade hidráulica do solo, apresentou o mesmo comportamento de correlação da  $K_{sat}$  com valores ligeiramente diferentes.

A porosidade total e a macroporosidade se correlacionaram de forma positiva, devido aos maiores valores desses dois atributos estarem presentes nos Latossolos, pois estes solos possuem excelente estruturação constatada no grau de flocculação culminando em uma densidade do solo menor, diferente do Nitossolo Vermelho e Cambissolo Háplico, que apresentam características de solos compactados, devido aos altos valores de densidade do solo e baixos valores de grau de flocculação, logo a macroporosidade nestes solos é menor. O carbono orgânico unido ao grau de flocculação obtiveram correlação positiva, evidenciando o fato de que solos com maiores valores de matéria orgânica, possuem uma maior estruturação, sendo mais resistentes à erosão hídrica e a compactação. A densidade da partícula foi diretamente proporcional ao teor de areia e inversamente proporcional a argila, evidenciando o fato de que solos de textura argilosa possuem uma maior porosidade total e microporosidade. A argila dispersa em água, diminui a movimentação de água no solo causando o entupimento de poros, e a estruturação do solo, por isso a sua correlação com o grau de flocculação foi inversa.

**Tabela 9 – Matriz de correlação múltipla entre os atributos físico-hídricos do solo com a Ksat.**

	Are	Sil	Arg	ADA	GF	Ds	Dp	$\alpha$	Ma	Mi	C.O.	Ksat	C1
Are	1												
Sil	0,375	1											
Arg	-0,870	-0,783	1										
ADA	0,100	-0,281	0,079	1									
GF	-0,354	-0,375	0,440	-0,765	1								
Ds	0,756	0,688	-0,871	-0,013	-0,472	1							
Dp	0,586	0,467	-0,637	-0,069	-0,194	0,687	1						
$\alpha$	-0,672	-0,524	0,726	0,025	0,388	-0,941	-0,594	1					
Ma	-0,595	-0,720	0,779	0,049	0,388	-0,976	-0,649	0,931	1				
Mi	-0,646	-0,213	0,543	-0,007	0,239	-0,742	-0,432	-0,742	0,696	1			
C.O.	-0,224	0,003	0,139	0,466	-0,452	-0,133	-0,317	0,146	0,088	0,188	1		
Ksat	-0,416	-0,509	0,550	0,267	0,103	-0,453	-0,530	0,339	0,418	0,193	0,227	1	
C1	-0,427	-0,465	0,534	0,348	-0,004	-0,369	-0,416	0,253	0,311	0,144	0,213	0,966	1

Are: Areia; Sil; Silte; Arg: Argila; ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de Flocculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula;  $\alpha$ : porosidade total; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade ; C.O.: Carbono Orgânico; Ksat: Condutividade Hidráulica saturada; C1: Infiltração. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em tais circunstâncias, o presente trabalho realizou o levantamento de dados de infiltração de água e condutividade hidráulica saturada utilizando o método do infiltrômetro MiniDisk na região do vão no município de Unaí-MG, uma vez que essa região é pouco explorada no ramo acadêmico. Além disso, foram definidas curvas de infiltração de água para cada classe de solo estudada, nas profundidades 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. Tal informação poderá ser útil tanto para o embasamento de pesquisas futuras, quanto para a elaboração de projetos relacionados à conservação do solo e gestão da água na agricultura irrigada.

## 7. CONCLUSÃO

A Ksat média obtida neste estudo não variou de forma significativa nas diferentes profundidades de cada classe de solo em nenhum dos perfis estudados, exceto entre as camadas do LV. O mesmo ocorreu entre perfis nas profundidades de 0-20 cm e 40-60 cm, onde não houve diferença significativa entre as classes de solo. Entretanto, houve diferença significativa na profundidade de 20-40 cm entre o Latossolo Vermelho em relação ao Nitossolo Vermelho e o Cambissolo Háplico. A partir deste estudo, foi possível observar a relação entre Ksat com alguns atributos físicos do solo (Ds, Dp, Ma, Mi,  $\alpha$ , ADA, GF, C.O., Are, Arg., Sil. e C1), sendo silte, areia, densidade do solo e densidade da partícula, os atributos que mais afetaram a Ksat de forma inversamente proporcional, e argila, macroporosidade e C1, os atributos que afetaram de forma diretamente proporcional a Ksat. Os dados de Ksat avaliados apresentaram resultados satisfatórios, porém, destoam de outros valores de Ksat avaliados por outros métodos, como permeâmetro de Guelph e infiltrômetro de anel duplo.

## REFERÊNCIAS

- ANA. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil – 2014:** relatório síntese / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2016. 33 p.: il.
- ARSHAD M.A., Lowery B., and Grossman B. 1996. **Physical Tests for Monitoring Soil Quality.** In: Doran J.W., Jones A.J., editors. *Methods for assessing soil quality.* Madison, WI. p. 123-41.
- BENITES, V. de M.; Madari, B.; Bernardi, A. C. C.; Machado, P. L. O. Matéria orgânica do solo. In: Walt, P. G. S (ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o estado do Acre.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p.93-120.
- BERNARDO, S., Mantovani, E.C., Silva, D.D., Soares, A.A. **Manual de irrigação.** Viçosa: Editora UFV, 9ª Edição, 2019. 545p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BERTONI, J.; Lomarbo Neto, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Editora Ícone, 10ª Edição, 2017. 392 p.

BRITO, G. Q. **Capacidade de infiltração de água no solo em fitofisionomias do bioma cerrado**. Brasília-DF, 2019. 43-p.

BOCUTI, E.D. **Condutividade hidráulica efetiva e erodibilidade entres sulcos de solos da bacia do rio das mortes**. 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

BONO, J. A. M.; Macedo, M. C. M.; Tormena, C. A.; Nanni, M. R.; Gomes, E. P.; Müller, M. M. L. **infiltração de água no solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo**. R. Bras. Ci. Solo, 36:p1845-1853, 2012.

BOUMA, J. **Using soil survey data for quantitative land evaluation**. *Advances in Soil Science*, New York, v. 9, p.177-213, 1989.

BUDIMAN, M.; McBratney, A.B.; Mendonça-Santos, M.L.; Santos, H.G. **Revisão sobre funções de pedotransferência (PTFs) e novos métodos de predição de classes e atributos do Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 50 p. - (Embrapa Solos. Documentos; n. 45).

CALHEIROS, C. B. M.; Tenório, F. J. C.; Cunha, J. L. X. L.; Silva, E. T.; Silva, D. F.; Silva, J. A. C. **Definição da taxa de infiltração para dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão**. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.665-670, 2009.

CAMPOS, T.P. **Relação solo-paisagem em uma topossequência da bacia do rio Preto, Minas Gerais**: um estudo na Fazenda Santa Paula – ICA/UFVJM. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Unaí. 2019. 36p.

COSTA, E. M.; Silva, H. F.; Ribeiro, P. R. A. **Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícola**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 2017. 212p.  
EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2018. 306 p.

FAGUNDES, E. A. A.; KOETZ, M.; RUDEL, N.; SANTOS, T. S.; PORTO, R.  
**Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT.**

FERREIRA, M.M. **Caracterização Física do Solo**. In: van Lier, Q.J. (Ed.). Física do Solo. Viçosa: SBCS, 2010. chap. I, p. 1-27.

GONÇALVES, A.D.M.A.; LIBARDI, P.L.; BRAS, R. **Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, p. 1174-1184, 2013.

GONDIM, T. M. S.; WANDERLEY, J. A. C.; SOUZA, J. M.; FEITOSA FILHO, J. C.; SOUSA, J. S.; **Infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método do infiltrômetro de anel em solo areno-argiloso**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, (Pombal – PB – Brasil) v.4, n.1, p. 64-73 janeiro/dezembro de 2010.

HARTEMINK, A.E.; McBratney, A. **A soil science renaissance**. Geoderma, v.148, p.123-129, 2008.

**INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS-MT**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 2012.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Censo 2018. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2021.

KLEIN, C.; Klein, V. A. **Influência do manejo do solo na infiltração de água**. Revista **Monografias Ambientais – REMOA**. v.13, n.5, dez. 2014, p.3915-3925.

LIBARDI, P.L. **Água no Solo**. In: van Lier, Q.J. (Ed.). Física do Solo. Viçosa: SBCS, 2010. chap. III, p. 103-152.

MARCHINI, D. **Agregação de um Latossolo em recuperação após 5 anos**. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira: FE/UNESP, 2012. 68p. Dissertação Mestrado.

MARCHINI, D. C.; Ling, T. C.; Alves, M. C.; Crestana, S.; Filho, S. N. S.; Arruda, O. G. **Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de Latossolo em recuperação sob diferentes tipos de manejo.** Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.19, n.6, p.574–580, 2015.

MELO, C.R.; Silva, A.M. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas.** Lavras: Editora UFLA, 2013. 455 p.

MELO, M. C.; GUIMARÃES, L. M.; MELO, E. L.; SILVA, P. C.; DRUMOND, L. C. D. **Determinação da função de condutividade hidráulica de um latossolo do cerrado.** Rio Paranaíba: The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC, Vol. 04 N. 03 (2018).

MENDONÇA, L. A. R.; Vásquez, M. A. N.; Feitosa, J. V.; Oliveira, J. F.; Franca, R. M.; Vásquez, E. M. F.; Frischkorn, H. **Evaluation of the infiltration capacity of soils under different types of management.** Juazeiro do Norte: EngSanit Ambient | v.14 n.1 | jan/mar 2014 | 89-98.

METER Group Inc. **Mini Disk Infiltrometer** – Operator’s Manual. 10564-11, 2018.

MILLAN, E.; Ruiz, H. A.; Fernandes, R. B. A.; Costa, L. M. **Condutividade hidráulica, porosidade, resistência mecânica e intervalo hídrico ótimo em Latossolos artificialmente compactados.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.18, n.10, p.1003–1009, 2014

MONTENEGRO, A. A. A.; ABRANTES, J. R. C. B.; LIMA, J. L. M. P.; SINHGH, V. P.; SANTOS, T. E. M. **Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall.** Catena, Amsterdam, v. 109, p. 139-149, 2013.

NAIME, U.J.; Motta, P.E.F.; Silva, D.C.; Simão, M.L.R.; Santos, A.J.R. **Solos e avaliação do potencial agrossilvipastoril das microrregiões Paracatu e Unaí - Minas Gerais.** Belo Horizonte: EPAMIG, 2014. 106p.: il.; ISBN: 978-85-99764-39-8.

NETTO, A.A.; FERNANDES, E.J. **Condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho em pousio e cultivo intensivo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n. 8, p. 797- 802, 2005.

NUNES, J. A. S.; Silveira, M. H. D.; Silva, T. J. A.; Nunes, P. C. M., Carvalho, K. S. **Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos em latossolo vermelho de cerrado.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012.

OLIVEIRA, V.A.; Jacomine, P.K.T.; Couto, E.M. IV –Solos do Bioma Cerrado.In: Curi, N.; Ker, J.C.; Novais, R.F.; Vidal-Torrado, P.; Schaefer, C.E.G.R. **Pedologia –solos dos biomas brasileiros. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, p. 177-226, 2017.

OTTONI, M.V.; Ottoni Filho, T.B.; Schaap, M.G.; Lopes-Assad, M.L.R.C.; Rotunno Filho, O.C. **Hydrophysical database for Brazilian soils (HYBRAS) and pedotransfer functions for water retention**. Vadose Zone Journal, v.17, p.1-17, 2018.

PATIL, N.G.; Singh, S.K. **Pedotransfer Functions for Estimating Soil Hydraulic Properties: A Review**. Pedosphere, v.26, p.417-430.

PICARD, R.R.; Cook, R.D. **Cross-validation of regression models**. Journal of the American Statistical Association, v.79, p.575-583, 1984.

PRADO, R.B. et al. **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 486 p.

PRUSKI, F.F. **Conservação de solo e água**. Viçosa: Editora UFV, 2ª Edição, 2009. 279 p.

REICHARDT, K.; Timm, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Editora Manole, 2004. 478 p.

REICHERT, J.M.; Reinert, D.J.; Suzuki, L.E.A.S.; Horn, R. **Mecânica do Solo**. In: van Lier, Q.J. (Ed.). Física do Solo. Viçosa: SBCS, 2010. chap. II, p. 29-102.

SAMPAIO, F. M. T.; Menezes, S. M. M.; Furtini, M. B.; Ribeiro, K. D. **Correlações entre a permeabilidade e os atributos físicos do solo da sub-bacia do córrego centenário da cidade de Lavras-MG**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 30, n. 4, p. 798-803, jul./ago., 2006.

SANTOS, J. N.; PEREIRA, E. D. **Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã-MA**. Cadernos de Pesquisa, São Luís, v. 20, n. especial, julho 2013.

SANTOS, R.D.; Lemos, R.C.; Santos, H.G.; Ker, J.C.; Anjos, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: SBCS, 2005. 92p.

SATO, J. H.; Figueiredo, C. C.; Leão, T. P.; Ramos, M. L. G.; Kato, E. **Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras**. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.16, n.2, p.189–193, 2012.

SOARES, J. L. N.; Espindola, C. R.; Pereira, W. L. M. **Physical properties of soils under intensive agricultural management**. Scientia Agrícola, v.62, p.165-172, 2005.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000200012>.



SOTO, M. A. A. **Evaluation of hydraulic conductivity in two land uses soil in central brazil.** CEP 13506-900 – Rio Claro (SP): RBCIAMB | n.47 | mar 2018 | 1-11.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. **Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, p. 18-23, 2003.

SORACCO, C. G.; Lozano, L. A.; Balbuena, R.; Ressia, J. M.; Filgueira, R. R. **Contribution of macroporosity to water flux of a soil under different tillage systems.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.1149-1156, 2012.

STOLF, R. **Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.15, p.229-235, 1991.

STOLF, R.; Thurler, A.M.; Bacchi, O.O.S.; Reichardt, K. **Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.447-449, 2011.

TEIXEIRA PC, Donagema GK, Fontana A, Teixeira WG. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 3. Ed. Brasília: Embrapa Solos; 2017.

USDA. Soil Survey Manual. Washington D. C.: **United States Department of Agriculture, 2017.**

VAN LIER, Q.J. **Disponibilidade de água às plantas.** In: van Lier, Q.J. (Ed.). Física do Solo. Viçosa: SBCS, 2010. chap. VIII, p. 283-298.

VENTUROSOSO, L. A. C. **Atributos físicos do solo em função do manejo e sucessão de culturas em ambiente amazônico.** – Dourados, MS: UFGD, 2014. 59f.

VIEIRA, J.J.; REZENDE, R.; MARQUES, P. A. A.; et al. **Determinação da velocidade de infiltração básica de água em dois solos do noroeste do estado do Paraná.** Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.6, n.1, p. 155-170, 2013.

ZHANG, R. **Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer.** Soil Science Society of America Journal, v.61, p.1024-1030, 1997.

